

CAPILARIDADE: UM FENÔMENO DE SUPERFÍCIE COM APLICAÇÕES COTIDIANAS

Aline Paranhos¹, Daniel Vechia¹, Milton Beltrame¹

¹Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, Universidade do Vale do Paraíba, Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – São José dos Campos- SP, alineparanhos@ig.com.br, danielvechia@yahoo.com.br, beltrame@univap.br

Resumo - Capilaridade é o fenômeno de atração e repulsão onde se observa o contato dos líquidos com um sólido fazendo com que esse líquido suba ou desça, conforme molhe ou não a parede. A tendência dos líquidos subirem nos tubos capilares é chamada de capilaridade ou ação capilar, sendo isso consequência da tensão superficial. Neste trabalho relatamos alguns fenômenos ou experimentos que podem ser explicados em função da capilaridade de líquidos.

Palavras-chave: capilaridade, fenômenos físico-químicos, tensão superficial

Área do Conhecimento: físico-química

Introdução

Capilaridade é o fenômeno de atração e repulsão onde se observa o contato dos líquidos com um sólido fazendo com que esse líquido suba ou desça, conforme molhe ou não a parede.

A tendência dos líquidos subirem nos tubos capilares é chamada de capilaridade ou ação capilar, sendo isso consequência da tensão superficial¹. Observamos o que ocorre quando um tubo capilar de vidro é imerso em água ou em qualquer líquido no qual tenha a tendência de aderir ao vidro. Quando uma película muito fina cobre a maior parte do vidro sua energia é a mais baixa possível, Quando essa película se espalha pela parede in-terna do capilar, a superfície do líquido fica curva no interior do tubo fazendo com que a pressão junto ao menisco seja menor do que a pressão atmosférica de, aproximadamente, $2\sigma/r$, onde r é o raio do tubo, admitindo – se uma superfície esférica. A pressão imediatamente sob a superfície plana do líquido fora do tubo é p , a pressão atmosférica, mas no interior do tubo, sob a superfície curva, é somente $p - 2\sigma/r$. Quando a pressão externa estiver em excesso ela impulsionará o líquido para cima até atingir seu equilíbrio hidrostático.

Ascensão capilar

A pressão de uma coluna vertical de líquido com a densidade ρ e a altura h é

$$P = \rho gh \quad \text{Eq. 1}$$

Quando o equilíbrio for atingido a diferença de pressões $2\sigma/r$ será anulada pela pressão hidrostática. Portanto, a altura da coluna em equilíbrio é obtida igualando $2\sigma/r$ e ρgh , o que nos dá:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r} \quad \text{Eq. 2}$$

Com essa expressão (Eq. 2) é possível proporcionar uma maneira razoavelmente exata de medir a tensão superficial dos líquidos; conforme a temperatura aumente a tensão superficial diminuirá.

Por experiência sabemos que, em capilares, os líquidos ou sobem, como por exemplo, a água, ou descem, como por exemplo, o mercúrio. Isso ocorre pela falta de interação dos líquidos com o tubo capilar. Quando as forças adesivas entre o líquido e o as paredes do capilar forem mais fracas do que as forças coesivas do próprio líquido, o líquido no capilar foge das paredes. Com isso obtém-se uma curvatura na superfície côncava, com o lado da pressão alta ficando para baixo. Para se obter uma pressão por igual na mesma profundidade no líquido, a superfície no capilar desce para compensar o excesso de pressão provocado pela curvatura do menisco do líquido, traduzindo-se na depressão capilar¹. Se quisermos fazer sair um gás por um capilar mergulhado num líquido, precisamos aplicar uma sobretensão. Esta sobretensão é utilizada para compensar a pressão capilar e vencer a pressão hidrostática. A pressão hidrostática p_h obtém-se a partir da profundidade h a que o capilar se encontra mergulhado, da densidade ρ do líquido e da aceleração da gravidade g

$$p_h = h \cdot \rho \cdot g \quad \text{Eq. 3}$$

A pressão capilar p_σ é a diferença entre a pressão externa e a pressão no interior da bolha.¹

Existe uma relação simples entre a pressão capilar e a tensão superficial: a bolha gasosa está submetida à pressão capilar p_σ . Aumentando a quantidade do gás dentro da bolha provocamos um acréscimo dr do seu raio, fazendo com que o volume cresça de $dV = 4\pi r^2 dr$. É assim realizado um trabalho de volume $p_\sigma 4\pi r^2 dr$. Com isso se

aumenta a energia da superfície, dada por $dW = \sigma \cdot dA = \sigma \cdot 8\pi r dr$, sendo válida a expressão

$$\rho_s A \pi r^2 dr = \sigma \cdot 8\pi r dr. \quad \text{Eq. 4}$$

A pressão capilar é dada por

$$p_\sigma = \frac{2\sigma}{r} \quad \text{Eq. 5}$$

Já que a pressão capilar tem origem na tensão superficial, existe a mesma pressão no interior de uma gota de líquido, p.ex., de uma gota de mercúrio, quando se encontra numa fase gasosa. Verifica-se que superfícies planas ($r = \infty$) a pressão capilar desaparece. O raio da bolha gasosa corresponde ao raio do capilar r_c . A pressão (sobretensão) que se lê no manômetro p_s , tem de ser igual à soma da pressão hidrostática p_h com a pressão capilar p_σ :

$$p_s = p_h \quad p_s = h\rho_s + \frac{2\sigma}{r_c} \quad \text{Eq. 6}$$

¹O ângulo de contato

Em alguns casos tem-se um ângulo não-nulo entre a parede do sólido e a superfície do menisco. Se este ângulo de contato for θ_c , o segundo membro da Eq. 2 deve ser modificado pela multiplicação por $\cos \theta_c$.

A origem desse ângulo pode ser obtida quando as forças atuantes entre o líquido e o sólido estiverem em equilíbrio. Se as tensões nas interfaces sólido-gás, sólido-líquido e líquido-gás forem simbolizadas, respectivamente, por γ_{sg} , γ_{sl} e γ_g , sendo assim as verticais das forças estarão em equilíbrio se

$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} \gamma_g \cos \theta_c \quad \text{Eq. 7}$$

Esta expressão se resolve em $\cos \theta_c$,

$$\cos \theta_c = \frac{\gamma_{sg} - \gamma_{sl}}{\gamma_g} \quad \text{Eq. 8}$$

Se notarmos que o trabalho de adesão do líquido ao sólido é

$$W_{ad} = \gamma_{sg} \gamma_g - \gamma_{sl} \quad \text{Eq. 9}$$

a Eq. 8 pode ser escrita como

$$\cos \theta_c = \frac{W_{ad} - 1}{\gamma_g} \quad \text{Eq. 10}$$

Podemos observar que se o líquido "molhar" completamente a superfície do sólido, o que corresponde a $0 < \theta_c < 90^\circ$, teremos $1 < W_{ad}/\gamma_g < 2$. Caso não molhe a superfície do sólido, o que corresponde a $90^\circ < \theta_c < 180^\circ$, teremos $0 < W_{ad}/\gamma_g < 1$. No caso do mercúrio em contato com o vidro, $\theta_c = 140^\circ$, o que corresponde a $W_{ad}/\gamma_g = 0,23$, fazendo com que o trabalho de adesão entre o vidro e o

mercúrio seja relativamente pequeno, isso ocorre devido as forças coesivas existentes no mercúrio.

Metodologia

Utilizando: um prato ou vidro de relógio, palito de dente ou de fósforo, água e conta gotas. Quebre os palitos no meio de forma que não se rompam totalmente. Coloque-os um do lado do outro de maneira a formar uma estrela. Pingue, com o conta gotas, gotinhas de água, no centro da estrela de palitos. Os palitos se abrem fazendo com que a estrela se abra também. O palito de madeira contém micro-compartimentos vazios, antes ocupados por células mortas. Ao ser colocado em contato com a água, essa se difunde para dentro dos micro-compartimentos, preenchendo-os totalmente e dilatando suas paredes. Por isso, a parte do palito quebrada, onde os pingos de água foram colocados, aumenta de tamanho e isso for-a a abertura da estrela. Mas por que a água se difunde para dentro dos microcompartimentos da madeira? Primeiro, porque as moléculas de água são atraídas pelas paredes dos microcompartimentos, devido a interações químicas. Segundo porque essas moléculas que foram atraídas pelas paredes atraem outras moléculas de água para perto delas, pois estão interligadas por ligações de hidrogênio. Esse processos complementares fazem com que a água vá ocupando os espaços vazios da madeira do palito progressivamente, fenômeno denominado capilaridade.

Resultados e Discussão

Introduzindo um tubo capilar em um recipiente com água ela sobe pelas paredes do tubo até uma certa altura.

Essa altura pode ser calculada pela Eq.2, atingindo a um equilíbrio entre a pressão atmosférica e a pressão do menisco.

Conclusão

Como podemos perceber, a capilaridade está acontecendo no nosso dia-a-dia e as vezes não percebemos. Como no caso das plantas que são dotadas de um complexo sistema de longos canais e de poros. O seu diâmetro é muitas vezes inferior a um centésimo de milímetro. As forças capilares podem assim trazer a água do solo a uma grande altura e distribuí-las a todas as partes da planta.

Já pensou como a vela não apaga sozinha? Em uma vela, é graças a capilaridade que a cera derretida sobe pelo pavio, para alimentar a chama.

Referências

- ATKINS, PETER. Físico Química volume 1, 2002
- WEDLER, G. Manual de Química Física, 2001.