Capilaridade

A superfície de um líquido colocado em um recipiente tem certa curvatura nas proximidades das paredes, isto é, onde as forças de interação entre as moléculas do líquido e as do recipiente desempenham um importante papel. No restante do líquido, a superfície é plana por efeito da interação gravitacional. Contudo, a influência das paredes do recipiente se estende a toda a superfície livre do líquido quando ela não é grande como, por exemplo, quando o líquido está em um tubo estreito.

Um tubo pode ser considerado estreito e pode ser chamado de tubo capilar quando seu raio interno é da mesma ordem que o raio de curvatura da superfície livre do líquido que contém. Os fenômenos em tais tubos são chamados fenômenos de capilaridade. Além disso, como os capilares são caracterizados pela curvatura da superfície do líquido no seu interior, a influência da pressão de Laplace é a maior possível. Um resultado direto dessa pressão é a ascensão do líquido no capilar.

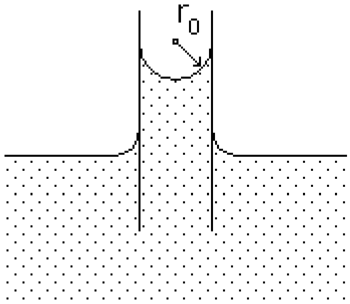

Fig.27

Consideremos um tubo capilar imerso em um amplo recipiente com um líquido que molha suas paredes (Fig.27). O líquido penetra no tubo, forma um menisco côncavo e fica sob o efeito da pressão de Laplace:

$$P = \frac{2\gamma}{r_0}$$

Nesta expressão, γ é o coeficiente de tensão superficial do líquido e r_0 é o raio de curvatura do menisco.

Como a superfície livre do líquido é côncava, a resultante das forças de tensão superficial aponta para o exterior do líquido, mais especificamente, para o centro de curvatura do menisco. Por isso, o líquido sobe pelo tubo capilar por ação da pressão de Laplace.

O líquido sobe no interior do tubo capilar até uma altura h, medida a partir do nível da superfície livre do líquido fora do tubo, que pode ser calculada partindo da seguinte igualdade:

$$\frac{2\gamma}{r_0} = \rho g h$$

em que ρ representa a densidade do líquido e g, o módulo da aceleração gravitacional.

Por outro lado, sendo θ o ângulo de contato entre o líquido e as paredes do tubo capilar e r, o raio interno do tubo (Fig.28), podemos ver que:

$$r = r_0 \cos\theta$$

de modo que a expressão anterior fornece:

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

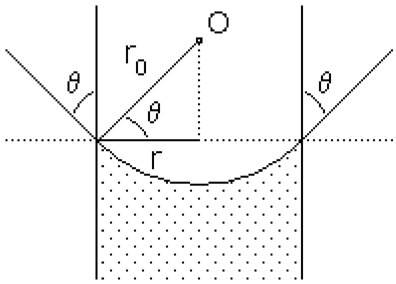

Fig.28

Para um líquido que molha completamente as paredes do tubo, $\theta = 0$. Assim, a expressão acima se reduz a:

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

Como poderíamos ter esperado, a altura de ascensão do líquido no tubo capilar é tanto maior quanto maior é o seu coeficiente de tensão superficial. Além disso, a altura de ascensão do líquido no tubo capilar é tanto maior quanto menor é o raio interno do tubo.

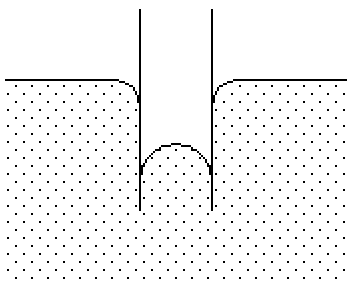

Fig.29

Se o líquido não molha as paredes do tubo capilar, temos a situação inversa: o menisco é convexo, a resultante das forças de tensão superficial aponta para o interior do líquido, mais especificamente, para o centro de curvatura do menisco. Por isso, a pressão de Laplace faz com que a superfície livre do líquido no capilar fique abaixo da superfície livre do líquido fora do tubo (Fig.29). Neste caso, h é a profundidade do menisco, medida a partir do nível da superfície livre do líquido fora do tubo. De qualquer modo, a profundidade h é dada pelas mesmas duas expressões acima.

Exercício 1

O coeficiente de tensão superficial de um líquido pode ser determinado através do fenômeno de capilaridade.

Encha um copo com água e coloque tubos capilares com diferentes diâmetros internos na região central do copo.

Meça os diâmetros internos dos tubos capilares e as respectivas alturas das colunas de água no interior deles.

A densidade da água é de 10^3 kg/m^3 e o módulo da aceleração da gravidade é de 9,8 m/s^2.

Supondo que a água molhe completamente as paredes dos tubos capilares, de modo que valem as relações acima, determine o coeficiente de tensão superficial da água para cada tubo capilar e, daí, calcule o valor médio.

Exercício 2

Xilema é um sistema de tubos capilares, presentes no interior das plantas, que transportam água com sais minerais desde a raiz até as folhas. O diâmetro interno desses tubos é da ordem de 10^{-5} m. Supondo que a água molhe completamente as paredes desses tubos, calcule a altura que ela pode alcançar no seu interior por capilaridade.