

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP
Departamento de Física
5910236 – Física II - Química

Viscosidade

1. OBJETIVO

Determinar o coeficiente de viscosidade de fluidos diversos.

2. INTRODUÇÃO

Quando um corpo tem movimento retilíneo em um fluido, encontra um esforço resistente, isto é, em sentido oposto ao movimento. Essa resistência é nula quando a velocidade é zero e cresce com o aumento da velocidade. No regime de movimento uniforme, ela deve-se à viscosidade do fluido. A forma como a força de resistência depende da velocidade não é única. De uma maneira aproximada:

a) para velocidades pequenas (alguns m/s), nas quais o fluxo de fluido em torno do corpo é chamado de laminar, a força de resistência R é aproximadamente proporcional à velocidade v ($R = -bv$, onde b é o coeficiente de resistência);

b) para velocidades maiores, em que o fluxo torna-se turbulento, entra um regime quadrático ou de potência superior.

Assim, para objetos movendo-se a baixas velocidades, de modo que o fluxo de fluido em torno do objeto seja do tipo laminar, a força de resistência tem a forma $R = -bv$ onde o coeficiente de resistência b depende tanto do objeto como do fluido. No caso de corpos esféricos, pode-se escrever:

$$b = 6\pi\eta r \quad (1)$$

onde η é a viscosidade do fluido e r é o raio da esfera. Esta equação é chamada equação de Stokes.

Considerando-se a força P como a resultante do peso e do empuxo, a força total resultante sobre o corpo em movimento no fluido resultante é $F = \pm P - bv$ onde o sinal $+$ em P aplica-se ao caso em que o movimento tem o mesmo sentido da propulsão (movimento de queda) e o sinal $-$ corresponde ao movimento oposto ao sentido da propulsão (p.ex., lançamento do corpo para o alto).

Considerando-se o caso descendente, com sinal positivo de P , tem-se, desconsiderando-se o empuxo:

$$v = v_{lim} + (v_0 - v_{lim})e^{-\alpha t} \quad (2)$$

onde A é a velocidade limite, v_0 é a velocidade inicial e fizemos $\alpha = b/m$. Se a velocidade inicial for nula, a expressão fica:

$$v = v_{lim}(1 - e^{-\alpha t}) \quad (3)$$

Examinando-se a equação (3), verificamos que quando $t = 0$, a velocidade vale $v_0 = 0$, e quando t tende a infinito, a velocidade tende ao seu valor limite v_{lim} . No caso de uma esfera caindo verticalmente em um fluido, após a velocidade alcançar a velocidade limiar haverá equilíbrio entre a força peso (para baixo) e a somatória das forças de empuxo e de resistência do fluido (para cima). Assim, pode-se escrever:

$$P = E + R \quad (4)$$

onde:

$$P = mg \quad (5)$$

$$E = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{fluido} g \quad (6)$$

$$R = 6\pi\eta r v_{lim} \quad (7)$$

Rearranjando-se as equações, tem-se:

$$\eta = \frac{mg - \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{fluido} g}{6\pi r v_{lim}} \quad (8)$$

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

3.1. Posicione o tubo contendo o líquido (glicerina) em estudo na posição vertical. Meça a temperatura ambiente (o líquido estará na mesma temperatura se houver equilíbrio térmico).

3.2. Fixe três posições no tubo, ao longo da direção vertical, com distância, entre elas, de aproximadamente 10 cm. Deixe uma distância inicial, em relação à superfície do líquido, para que possa ser alcançado o equilíbrio entre a força peso e as forças de resistência do fluido e de empuxo.

3.3. Solte a esfera dentro do tubo e meça com um cronômetro o tempo gasto para percorrer as distâncias entre as posições do item 2.

3.4. Calcule as velocidades da esfera nas duas regiões do tubo, certificando-se de que a velocidade limiar já tenha sido atingida para as marcações feitas no tubo.

3.5. Para todas as esferas de mesmo diâmetro, repita a medida da velocidade na região mais baixa do tubo. Calcule o valor médio dessa velocidade. Se a condição de equilíbrio tiver sido alcançada, este será o valor de v_{lim} .

3.6. Repita a medida de v_{lim} para os outros conjuntos de esfera fornecidos.

Dados:

O diâmetro da esfera é de $5,95 \pm 0,01$ mm e sua massa é de $0,20 \pm 0,01$ g. Densidades da glicerina = $1,24$ g/cm³ e do óleo = $0,85$ g/cm³

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Faça tabelas com os valores da distância percorrida pelas esferas e o tempo gasto para percorrê-la. Calcule, para cada fluido, as velocidades médias de queda e os respectivos desvios.

4.2. Verifique a validade da hipótese de que o equilíbrio tenha sido alcançado, estimando a partir dos valores obtidos o tempo necessário para que isso aconteça e discuta se o procedimento experimental foi adequado.

4.3. Com os valores de massa e raios fornecidos e os valores medidos de v_{lim} para cada conjunto de esferas, faça um gráfico de $\frac{mg}{r}$ versus v_{lim} . A partir deste gráfico, calcule o coeficiente de viscosidade da glicerina.

4.4. Compare o valor de coeficiente de viscosidade obtido com os valores da literatura.