

Wilton Jorge

Depto de Ciências Físicas – UFU

Uberlândia – MG

I. Fundamentos teóricos

A baixa velocidade, uma esfera que se desloca em um fluido ficará submetida a uma força de atrito que é proporcional à velocidade e de sentido contrário.

Esse atrito interno entre as camadas do fluido é denominado viscosidade.

Se uma esfera de raio r se move através de um fluido de coeficiente de viscosidade n e com velocidade \vec{v} , a força de atrito viscoso é dada pela equação de Stokes:

$$\vec{F} = -6\pi r n \vec{v}.$$

A força resultante que atua sobre uma esfera que se desloca em um fluido é dada pela diferença entre o peso, o empuxo e a força viscosa. De acordo com a segunda lei de Newton temos:

$$m\vec{a} = m\vec{g} - 6\pi r n \vec{v} - m_f \vec{g}.$$

Durante o movimento, a velocidade aumenta acarretando um aumento na força viscosa e em um determinado instante a aceleração se anula e a velocidade fica constante. A esfera continua movendo-se com velocidade constante chamada velocidade limite (\vec{v}_L). A partir deste instante temos:

$$m\vec{g} - m_f \vec{g} = 6\pi r n \vec{v}_L$$

e

$$\vec{v}_L = \frac{m - m_f}{6\pi r n} \vec{g}.$$

Lembrando que $m = \rho d = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$, temos:

$$\vec{v}_L = \frac{2(d - d_f)r^2}{9n} \vec{g},$$

no qual:

$d \Rightarrow$ densidade da esfera

$d_f \Rightarrow$ densidade do fluido

$n \Rightarrow$ coeficiente de viscosidade.

Considerando que a esfera percorre um espaço h em um tempo t temos:

$$n = \frac{2(d - d_f)g r^2 t}{9h}.$$

II. Procedimento experimental

Encha com glicerina, uma proveta.

Escolha, como origem para análise do movimento, um ponto um pouco abaixo da superfície da glicerina na proveta. Isto é conveniente, pois o movimento inicialmente não é uniforme e a esfera só atingirá uma velocidade constante após percorrer uma determinada distância dentro da glicerina.

A partir da origem escolhida, marque, na proveta, alturas (h) de cinco em cinco centímetros.

Usando rolamentos danificados obtenha esferas de aço de diâmetro em torno de 2 milímetros. Esferas de vidro também podem ser usadas. Meça os raios destas esferas.

Determine ou obtenha, em uma tabela a densidade da glicerina e das esferas.

Abandone a esfera acima da superfície da glicerina e marque os tempos que a esfera gasta para ir da origem às posições escolhidas.

Determine as velocidades nos diversos trechos, dividindo as distâncias percorridas pelos respectivos tempos. Verificamos, então, que a velocidade fica praticamente constante.

De posse desses dados, podemos determinar a força viscosa, a velocidade limite da esfera, o empuxo e o coeficiente de viscosidade da glicerina.

Aproveite a experiência e faça uma analogia entre o movimento da esfera na glicerina e os movimentos de uma gota de chuva e de um pára-quedas.