

# MEDIDA DA VISCOSIDADE DA ÁGUA

Davi Maciel

Versão: 20 de abril de 2020

## 1 Apresentação e objetivos

Esta prática experimental tem como objetivo analisar a interferência da viscosidade de um fluido no movimento de um corpo. Vamos estudar as consequências e parâmetros relevantes num sistema simples: o viscosímetro de Stokes.

## 2 Materiais

- 1 Suporte para a lâmpada
- 1 Lâmpada preenchida com água
- 1 Fita métrica
- 1 Cronômetro
- Esferas de raios variados
- 1 Imã

## 3 Fundamentação teórica

A viscosidade é a resistência que um fluido apresenta ao escoamento. Para ilustrar, pense numa garrafa com água e numa garrafa com mel. Se você virar as duas de cabeça pra baixo, verá que existe uma maior dificuldade de derramar mel do que derramar água. Isso acontece por que o mel é mais viscoso do que a água. A seguir, vamos analisar como essa viscosidade influencia a queda vertical de uma esfera homogênea na água. Para isso, iremos fazer uso da Lei de Stokes, que relaciona a força de fricção sentida pela esfera com seus parâmetros e com o meio, quando o número de Reynolds é menor que 1. Essa lei é descrita pela seguinte fórmula:

$$\vec{F} = -6\pi r \eta \vec{v},$$

onde:

$\vec{F}$  é a força de fricção,

$r$  é o raio da esfera,

$\eta$  é o coeficiente de viscosidade do fluido, e

$\vec{v}$  é a velocidade da esfera em relação ao fluido.

Existem 3 forças agindo na esfera enquanto ela cai na água:

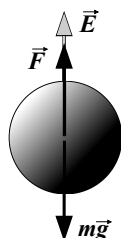


Figura 1

onde:

$\vec{F}$  é a força de fricção

$\vec{E}$  é a força de empuxo, e

$m\vec{g}$  é o peso.

A 2ª Lei de Newton fica:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F} + \vec{E} \rightarrow$$

$$\rightarrow ma = mg - 6\pi r \eta v - \rho_a V g,$$

onde  $m$  e  $V$  são a massa e o volume da esfera, respectivamente, e  $\rho_a$  é a densidade da água.

Sabendo a densidade  $\rho$  da esfera, temos:

$$m = \rho V = \rho \frac{4}{3} \pi r^3.$$

Daí:

$$ma = (\rho - \rho_a) \frac{4}{3} \pi r^3 g - 6\pi r \eta v.$$

A velocidade vai aumentando até que o lado direito da equação acima tenda a zero, fazendo que a aceleração tenda a zero da mesma forma. No nosso experimento, podemos considerar que isso acontece bem rápido, ou seja, você pode considerar que a esfera começa um movimento uniforme poucos centímetros abaixo da superfície da água. Assim, a velocidade terminal é:

$$v = (\rho - \rho_a) \frac{2g}{9\eta} r^2.$$

Com essa relação em mãos e utilizando dados experimentais, podemos achar o coeficiente de viscosidade da água. Podemos achar até mesmo o raio de uma esfera, se tivermos o coeficiente de viscosidade da água.

## 4 Procedimentos experimentais

### 4.1

Utilizando os equipamentos fornecidos, levante dados de deslocamento por tempo de queda para cada esfera, lembrando de esperar que a esfera tenha entrado alguns centímetros na água antes de iniciar a contagem do cronômetro. Faça isso 3 vezes para cada esfera e depois calcule a média das velocidades terminais encontradas, que chamaremos de  $v_m$ . Organize os dados em tabelas, não esquecendo de apresentar todos os erros e os métodos utilizados para os cálculos destes.

### 4.2

Como estamos lidando com um tubo de raio finito, as paredes do mesmo irão influenciar no movimento das esferas e, consequentemente, devemos corrigir as velocidades obtidas antes de calcular a viscosidade. Essa correção pode ser feita aproximadamente por uma simples multiplicação de cada velocidade obtida pelo fator de correção:

$$K = 1 + 2,4r/R,$$

onde  $r$  é o raio da respectiva esfera e  $R$  é o raio do tubo. Sabendo disso, apresente uma tabela com os valores de  $v_m$  obtidos experimentalmente, os fatores de correção, e as velocidades corrigidas  $v_c$ . Os únicos erros que deverão ser apresentados nessa tabela são os de  $v_c$ .

---

### 4.3

Construa um gráfico de  $v_m$  por  $r^2$  e um de  $v_c$  por  $r^2$ , ambos na mesma folha de papel quadriculada. Não esqueça de apresentar as barras de erro.

### 4.4

Através do coeficiente angular do gráfico de  $v_c$  por  $r^2$ , determine o valor da viscosidade da água com sua respectiva incerteza.

### 4.5

O valor encontrado na literatura para a viscosidade da água é cerca de  $1,00 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ . O valor encontrado por você é próximo do esperado? Se não, justifique.

Número de Reynolds:  $R_e = \frac{2\rho v r}{\eta}$ .