



Colonia del Sacramento, 21 de Setembro de 2005

## Prova experimental – Parte 1 (50 pontos)

### Determinação do coeficiente de viscosidade da água

**Introdução.** A viscosidade é uma importante propriedade dos fluidos. Está relacionada com a resistência que um fluido oferece a uma força de deslizamento (ou cisalhamento) ou, por outras palavras, com a dificuldade para fazer fluir diferentes porções de fluido com uma certa velocidade relativa. Por exemplo, a água ou o ar são pouco viscosos em comparação com o óleo, a glicerina ou o doce de leite (doce muito espesso, típico no Uruguai). Facilmente se observa que o esforço para fazer passar um fluido por um tubo é tanto maior quanto mais viscoso ele for. Na IX Olimpíada Ibero-Americana de Física, no Brasil, propôs-se um método para calcular a viscosidade baseado na Lei de Stokes, válido para fluidos relativamente viscosos como a glicerina. No caso presente vamos estimar a viscosidade de um fluido menos viscoso.

**Objectivo.** Determinar experimentalmente o coeficiente de viscosidade  $\mu$  da água.

**Nota teórica.** Suponhamos que temos um tubo cilíndrico de comprimento  $L$  e raio  $a$  e aplicamos uma diferença de pressão  $\Delta P$  entre os extremos. Imediatamente, se a diferença de pressão for pequena, o fluido passará pelo tubo de forma suave e ordenada, o que se denomina **regime laminar**. Se aumentarmos a diferença de pressão o fluxo será cada vez mais rápido e, em determinado momento, ficará **turbulento**, ou seja, desordenado, caótico e imprevisível.

A transição entre estes dois regimes foi estudada pela primeira vez por Osborne Reynolds, em 1883, numa famosa experiência. Não se trata de um problema simples; note-se que em finais de 2003 foi publicado um trabalho que clarificava aspectos importantes da transição entre os fluxos laminares e turbulentos em tubos cilíndricos.

O fluxo no interior de um tubo circular é um dos poucos casos que se pode determinar exactamente. A partir das equações básicas da mecânica de fluidos, conclui-se que, se o regime for laminar, o caudal/fluxo volumétrico,  $Q$  (volume de fluido por unidade de tempo) vem dado pela equação de Poiseuille:

$$Q = \frac{\pi a^4 \Delta P}{8\mu L}$$

Tenha em conta que este resultado só é válido se o fluxo for laminar, caso contrário esta lei não se verifica.

Como ajuda, indicamos-lhe que, nas condições experimentais presentes, a máxima diferença de pressão para que o fluxo seja laminar é  $\Delta P_{max} = 100$  Pa.

**Materiais:**

Dois copos iguais

Tubo plástico (palhinha/canudinho)

Régua

Cronómetro/cronómetro

Tesoura

Bandeja (para não derramar a água)

Vedante para plástico (tempo de secagem 15 minutos)

Proveta graduada

Copo grande para transportar água.

Água.

**Apresente um relatório nas folhas de resposta que inclua:**

- Método (descreva e justifique o procedimento, identifique as dificuldades, diga como as resolveu) (15 pontos)
- Medidas e tratamento de dados (15 pontos)
- Resultado da medida (10 pontos)
- Conclusões (análise do resultado, ideias para melhorar o procedimento) (10 pontos)

Dados:

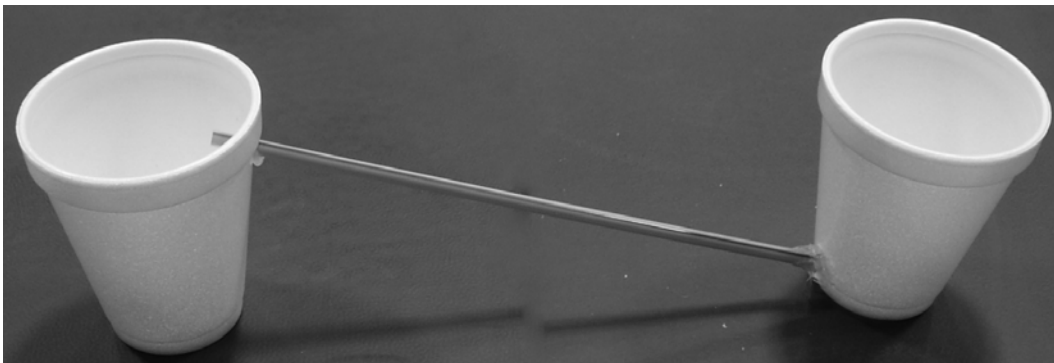
$$a = (2,4 \pm 0,1) \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{água}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Despreze a incerteza nos valores da densidade da água e da aceleração gravítica/gravitacional.

Sugere-se a montagem mostrada na fotografia.





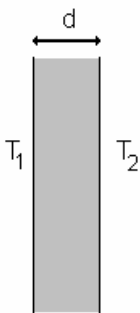
Colonia del Sacramento, 21 de septiembre de 2005

## Prova experimental – Parte 2 (50 pontos)

### Determinação da Condutividade Térmica

**Introdução.** A capacidade de transmitir (ou não) calor é de vital importância para todos os seres vivos. Em particular, para o ser humano isto é biologicamente importante em diversas situações quotidianas e em inúmeras aplicações industriais. Em muitas situações interessa conduzir bem o calor, por exemplo, quando cozinhamos, ou quando se pretende dissipar o calor num sistema electrónico/eletrónico, etc. Noutras situações interessa dificultar a passagem do calor, por exemplo, para mantermos o nosso corpo a determinada temperatura ou para conservar alimentos. Uma forma de quantificar a capacidade dos materiais para conduzir o calor é usar a condutividade térmica.

**Objectivo/objectivo.** Determinar a condutividade térmica da espuma de poliestireno, material de que é feito o copo.



**Teoria:** Em 1822 Joseph Fourier propôs, no seu livro “A teoria analítica do calor”, que o fluxo<sup>1</sup> ou corrente de calor  $q$  através de um corpo de espessura  $d$  submetido a duas temperaturas  $T_1$  e  $T_2$  nas faces podia escrever-se como:

$$q = -k A \frac{T_1 - T_2}{d}$$

onde  $A$  é a área das faces e  $k$  a condutividade térmica do material.

Recorde ainda que o calor líquido que entra ou sai de um corpo é  $Q = m c \Delta T$  onde  $m$  é a massa do corpo e  $c$  o seu calor específico. Para a água líquida,  $c = 4186 \text{ J Kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  e a sua densidade é  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ .

#### **Materiais:**

Copo de espuma de poliestireno com tampa  
Água quente  
Termómetro/termómetro  
Cronómetro/cronómetro  
Bandeja para evitar derrame de água  
Também terá ao seu dispor provetas graduadas.

**Advertência:** Tenha cuidado com o termómetro, recorde que tem mercúrio no seu interior. Depois de usá-lo guarde-o no seu estojo, deitado na horizontal.

<sup>1</sup> Define-se fluxo de calor como o calor que atravessa um corpo por unidade de tempo.

**Sugestão.**

Tenha em conta que nos primeiros minutos do processo de arrefecimento/esfriamento a temperatura decresce com o tempo de forma aproximadamente linear.

**Dados:**

A espessura da espuma de poliestireno é  $d = (2,10 \pm 0,05)$  mm.

A área lateral do copo, desde a base até ao bordo mais espesso, é  $A = (147 \pm 5)$  cm<sup>2</sup>.

**Apresente um relatório nas folhas de resposta que inclua:**

- a) Método (descreva e justifique o procedimento, identifique as dificuldades, diga como as resolveu) (15 pontos)
- b) Medidas e tratamento de dados (15 pontos)
- c) Resultado da medida (10 pontos)
- d) Conclusões (análise do resultado, ideias para melhorar o procedimento) (10 pontos)