



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Olimpíadas de Física 2015

Seleção para as provas internacionais

Prova Experimental A

16/maio/2015

Olimpíadas de Física 2015
Seleção para as provas internacionais
Prova Experimental A

Master Chef Lobo Mau

Duração da prova: 2 h

1 Material

- Copo com volume medido de detergente verde concentrado
- Proveta para medida de volumes de água
- Água
- Esfera de chumbo ($\rho = 11,34 \text{ g/cm}^3$)
- Fio para suspensão da esfera
- Suporte para suspensão da esfera
- Cronómetro
- Balança
- Craveira, fita métrica
- Agitador
- Papel milimétrico

2 Objetivos

Determinar a diluição óptima de um detergente líquido concentrado.

3 Descrição

O Lobo Mau ganhou uma bolsa para desenvolver técnicas avançadas em culinária científica. Com a primeira mesada de bolsa começou logo a provar receitas de porquinho cozinhado de todas as maneiras na cidade para onde foi estudar. Ao fim de uma semana já tinha esgotado a mesada e acabou a lavar louça à mão no seu restaurante favorito para se aguentar o resto do mês. Nesse restaurante usam um detergente concentrado de alta qualidade, que é necessário diluir para poupar nos gastos da cozinha. O Lobo Mau prefere usar o detergente mais concentrado para aumentar a rapidez do processo de lavagem de louça e vai procurar determinar qual

será a diluição mínima que tem de fazer para que o detergente que usa não tenha um aspecto muito diferente, isto é, não tenha uma viscosidade muito maior do que a habitual do detergente demasiado diluído. O Lobo Mau sabe que as soluções aquosas de elevada viscosidade têm um aumento de viscosidade muito acentuado quando a concentração das moléculas constituintes aumenta acima de um limiar – a concentração de entrelaçamento (*entanglement*), a partir do qual as moléculas começam a entrelaçar-se, dificultando o seu movimento relativo. É este limiar que o Lobo Mau pretende utilizar como diluição óptima para o detergente. A variação da viscosidade η com a concentração volúmica c_V (quociente entre o volume do soluto e o volume total) é dada pela expressão:

$$\eta = A c_V^B \quad (1)$$

em que a constante A e o expoente B são característicos de cada regime de viscosidade. A concentração de entrelaçamento é definida como a concentração acima da qual a variação da viscosidade passa a ser regida por constantes A e B diferentes das observadas a baixas concentrações, ou seja, em que o regime de elevada viscosidade passa a ser preponderante.

4 Execução

⚠ Advertência ⚠

ATENÇÃO: Nesta experiência não se pode voltar atrás na diminuição da concentração do detergente, pelo que é necessário ler com cuidado toda a prova antes de qualquer manipulação e pensar na quantidade de água que se deve adicionar de cada vez.

O plano da experiência é medir a viscosidade do detergente à medida que se lhe vai misturando água. Como não pode usar uma grande quantidade de detergente na experiência, o Lobo Mau optou por medir o período de oscilação T de um pêndulo simples formado por uma esfera a oscilar dentro da solução aquosa, dado pela seguinte equação:

$$T = \frac{16\pi\omega_0}{8\omega_0^2 - \left(\frac{6\pi r}{m}\eta\right)^2} \quad (2)$$

em que r e m são o raio e a massa da esfera, η a viscosidade do fluido (em Pa s) e $\omega_0 = \sqrt{g_e/l}$ a frequência angular do pêndulo não amortecido (sem resistência viscosa), de comprimento l , considerando a aceleração gravítica reduzida pela impulsão sentida pela esfera de densidade ρ_s no fluido de densidade ρ_f : $g_e = (1 - \rho_f/\rho_s)g$. A expressão do período é válida para oscilações de baixa amplitude e para velocidades baixas, para as quais é válida a lei de Stokes que diz que a força de resistência viscosa sentida pela esfera em movimento no fluido é proporcional à velocidade \vec{v} :

$$\vec{F} = -6\pi r \eta \vec{v}. \quad (3)$$

Para reproduzir a experiência do Lobo Mau, deve ser usada a esfera fornecida como pêndulo e manter ao longo da experiência o mesmo comprimento do fio de suspensão.

1. Meça com o cronómetro o período de oscilação com a esfera totalmente imersa no detergente. à medida que o vai diluindo com água. Diluições abaixo de 15 ml de água para 100 ml de detergente concentrado resultam num amortecimento demasiado grande para se obterem valores razoáveis do período ou mesmo qualquer oscilação (amortecimento

super-crítico). Use o agitador para homogeneizar a solução. Registe os dados numa tabela.

2. Determine a viscosidade do detergente à medida que o dilui com água e complete a tabela com estes valores.

5 Análise dos dados

1. Represente os resultados obtidos para a viscosidade em função da concentração de detergente, sob a forma de gráfico.
2. Use um método gráfico para obter a concentração de entrelaçamento do detergente fornecido, que poderá variar com a temperatura da solução.