

III - DENSIDADE RELATIVA DE LÍQUIDOS

Método do Picnômetro

1 Introdução

De forma geral e simplificada, a matéria pode ser encontrada em três diferentes estados, a saber: estado sólido, líquido e gasoso. A densidade específica (massa/volume) é uma das propriedades macroscópicas da matéria que pode distinguir esses três estados da matéria para uma mesma substância, pois para os materiais em geral, a densidade de gases é menor do que a de líquidos, e as dos líquidos menor do que a dos sólidos (embora neste último caso haja muitas exceções). A densidade é uma grandeza *intensiva*, isto é, não depende da quantidade de matéria. Assim, a densidade da água pura contida numa garrafa de um litro ou numa colher de 5 ml é a mesma. De forma geral, se a substância é homogênea, então a sua densidade é a mesma em todos os pontos do volume que ocupa. A densidade depende do tipo de substância, mas é em geral influenciada pela temperatura e pela pressão.



Figura 1. Robert Boyle, físico e químico
Irlandês (1627, 1692) : Lei de Boyle: $PV = k$

No presente contexto, o termo densidade tem o significado de “massa específica”. Contudo, o termo é também comumente empregado em outros contextos, para designar, em geral, o grau de concentração de grandezas físicas num determinado volume, como energia, partículas, população, etc.

No caso particular da massa específica, esta é determinada principalmente pela concentração de nucleons, isto é prótons e neutros, num determinado volume.

2 Objetivos

- Desenvolver a técnica para medir densidade relativa de líquidos pelo método do picnômetro.
- Aplicar conceitos da teoria dos erros (erro e propagação de erros) no tratamento estatístico de medidas *indiretas*, comparando assim as estimativas de erros acidentais com erros inerentes do equipamento utilizado no experimento.

3 Contexto Teórico

Densidade absoluta ou massa específica de uma substância qualquer de massa m e volume V é definida por

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

ou seja, é a razão entre a massa de um corpo pelo volume que o mesmo ocupa.

Densidade relativa da substância “a” em relação à substância “b”, representada por $\rho_{a,b}$ é definida pela razão entre as densidades absolutas de duas substâncias

$$\rho_{a,b} = \frac{\rho_a}{\rho_b} \quad (2)$$

onde ρ_b é geralmente escolhida como padrão. É comum considerar a água como tal padrão, pois além da conveniência de sua abundância, sua densidade absoluta é próximo da unidade para temperatura ambiente, isto é, à temperatura de 25°C, $\rho_{\text{água}} \cong 1,000 \text{ g/cm}^3$

Picnômetro. Trata-se de um pequeno frasco de vidro construído cuidadosamente de forma que o volume do fluido em seu interior seja invariável. Ele possui uma abertura relativamente larga para facilitar a sua utilização, e tampa de vidro esmerilhada e perfurada na forma de um fino tubo longitudinal; Fig.2. Neste experimento vamos utilizá-lo para medir densidade relativa de líquidos, mas a mesma técnica também pode ser utilizada para a determinação da densidade relativa de sólidos.

Usando o picnômetro para medir a densidade do etanol em relação à água, a uma temperatura preestabelecida.

Seja,

- m_1 : a massa do picnômetro vazio;
- m_2 : a massa do picnômetro cheio com o líquido etanol, cuja densidade relativa em relação à água se deseja determinar, e
- m_3 : a massa do picnômetro cheio de água pura.

A densidade relativa do líquido em questão é obtida a partir da equação acima:

$$\rho_{\text{ETANOL}, \text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{ETANOL}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}}, \quad (3)$$

onde:

- $m_{\text{ETANOL}} = m_2 - m_1$ é a massa do líquido em questão que ocupa o volume V do picnômetro, e
- $m_{\text{H}_2\text{O}} = m_3 - m_1$, é a massa da água pura que ocupa o mesmo volume V do picnômetro

Este resultado pode ser demonstrado facilmente, por meio da aplicação do conceito de *densidade específica* (Eq.1), e pela definição de *densidade relativa* (Eq.2), ou seja:

$$\rho_{a,b} = \frac{m_a / V}{m_b / V}. \quad (4)$$

Note que volume V é o mesmo para os dois líquidos (pois o mesmo picnômetro foi utilizado para os dois fluidos), Eq.4 acima, eles se cancelam, produzindo o resultado da Eq.3.

Nota: a densidade é uma propriedade da matéria que depende da temperatura. Em geral os materiais (sólidos e fluidos) mudam o seu volume (aumentam geralmente) com a temperatura, alterando assim sua densidade (ver Eq.1). Portanto, a densidade de qualquer material deve ser acompanhada da temperatura em que foi determinada.

4 Técnicas e Procedimentos

Material empregado:

Balança elétrica; *becker*; picnômetro de 10ml (Fig.2); termômetro; água pura; álcool etílico; e Tabela para anotação das medidas.

Cuidados preliminares:

- Não toque o picnômetro com os dedos (proteja-os com papel absorvente).
- Eliminar cuidadosamente as bolhas de ar que se aderem à superfície interna do picnômetro.
- Lavar muito bem o picnômetro na troca de líquidos, usando na última etapa da lavagem (sempre que possível) o líquido da pesagem seguinte.
- Secar o picnômetro externamente, evitando tocar na parte superior do mesmo (tampa).

Anote a temperatura de trabalho.

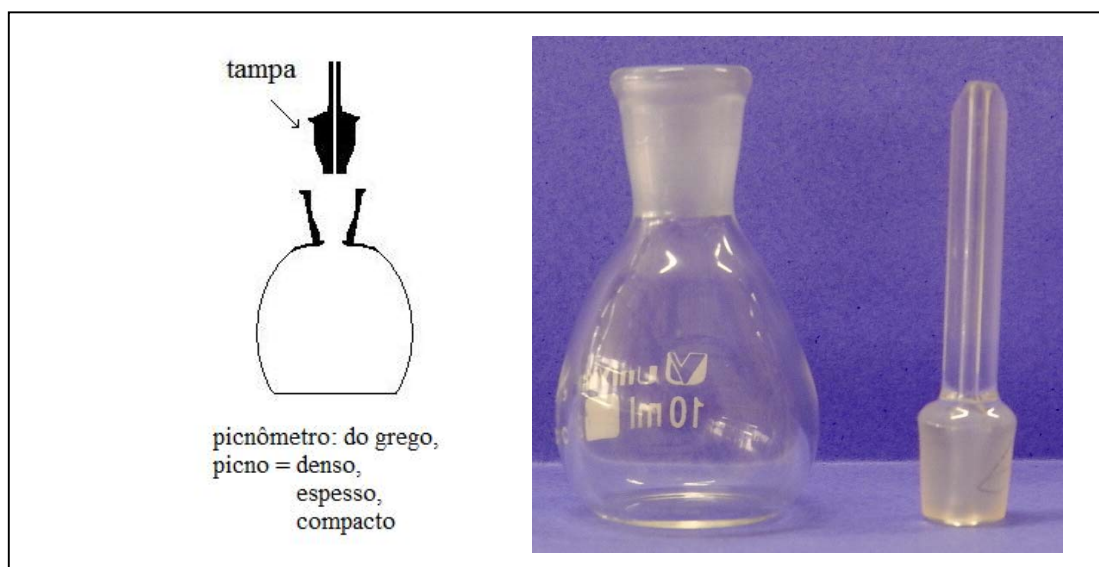


Figura 2 - Picnômetro. Em geral se apresenta na forma de um pequenos frasco de vidro (com volume de 10 ou 20 ml), e possui tampa e gargalo esmerilhados para aumentar a precisão do volume do líquido que contém. A figura da esquerda ilustra detalhes

4.1 Pesagem com o picnômetro

- Pesar o picnômetro vazio (m_1)
- Pesar o picnômetro repleto com o líquido em questão (ETANOL), até completar todo o seu volume, incluindo o capilar da tampa (m_2).
- Pesar o picnômetro repleto de *água pura* (m_3).

A água, aqui, é utilizada como líquido padrão de referência na determinação de densidade relativa de líquidos. De posse de m_1 , m_2 , e m_3 , a massa m_{ETANOL} do líquido que ocupa o volume V do picnômetro, e a massa m_{H_2O} da água que ocupa o mesmo volume V podem ser finalmente determinadas por meio de operações algébricas, e assim se pode obter a densidade relativa (em relação à água) da substância em questão aplicando-se a Eq.3.

5 Relatório: instruções específicas

Os alunos devem se alternar nas medidas, perfazendo um total de 10 medidas independentes da massa dos objetos e materiais envolvidos (picnômetro vazio e picnômetro cheio com etanol e picnômetro cheio com água). O resultado numérico do experimento corresponde à determinação da densidade relativa do etanol em relação a água, em uma determinada temperatura (ambiente), a qual deve ser constatada e relatada (temperatura dos líquidos em equilíbrio com a temperatura do Laboratório, no momento da medida).

Processamento das medidas.

Apresentar as médias, com os respectivos erros (inerente e os erros acidentais - desvio padrão da média).

Propagação de erros :

- soma ou (subtração), com $\bar{m}_{ETANOL} = \bar{m}_2 - \bar{m}_1$, o erro em cada parcela, a saber, $\sigma_{\bar{m}_1}$ e $\sigma_{\bar{m}_2}$, se combinam para determinar o erro na massa do etanol, $\bar{m}_{ETANOL}$, da seguinte forma:

$$\sigma_{\bar{m}_{ETANOL}} = \sqrt{\sigma_{\bar{m}_2}^2 + \sigma_{\bar{m}_1}^2}$$

- multiplicação de potências, com $\bar{\rho}_{ETANOL, H_2O} = \bar{m}_{ETANOL} / \bar{m}_{H_2O}$, os erros $\sigma_{\bar{m}_{ETANOL}}$ e $\sigma_{\bar{m}_{H_2O}}$ determinam o erro $\sigma_{\bar{\rho}_{ETANOL, H_2O}}$ na densidade relativa $\bar{\rho}_{ETANOL, H_2O}$ a saber:

$$\sigma_{\bar{\rho}_{ETANOL, H_2O}} = \bar{\rho}_{ETANOL, H_2O} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\bar{m}_{ETANOL}}}{\bar{m}_{ETANOL}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\bar{m}_{H_2O}}}{\bar{m}_{H_2O}} \right)^2}$$