Roteiro para o relatório II: Densidade de sólidos

M. F. A. de Resende   Instituto de Física - USP

Data limite para a entrega: 9 de abril

Resumo

O objetivo deste trabalho é, com o uso de dois conjuntos distintos de instrumentos de medida, determinar um valor experimental para a densidade volumétrica de alguns sólidos, supostos homogêneos. A partir dos dados obtidos, cabe avaliar qual configuração adequa-se melhor a identificação dos materiais estudados.

1 Recomendações eternamente úteis

(i) Escrevam todos os dados experimentais de maneira correta, atentando especialmente ao número de algarismos significativos e, por consequência, a expressão das incertezas. Lembrem-se, por exemplo, que qualquer incerteza associada a uma medida indireta deve ser expressa com, no máximo, 2 (dois) algarismos significativos.

(ii) Se houver a necessidade de apresentar os dados experimentais em tabelas, que estas sejam enumeradas e fique claro a que elas referem-se. A mesma recomendação vale para com os gráficos.

(iii) Não esqueçam das unidades de medida na apresentação de cada uma das medições realizadas.

2 Sobre o relatório

Este trabalho deve ser dividido essencialmente em duas partes experimentais: uma que envolve as medições e resultados obtidos do uso de uma régua e uma balança de alta precisão, e outra onde foram utilizados uma balança simples, um paquímetro e eventualmente um micrômetro.

A partir de medições diretas das dimensões dos objetos estudados, assim como as de suas respectivas massas, devem ser obtidos valores para a densidade volumérica $\rho = (\bar{\rho} \pm \sigma_\rho)$ de cada um dos sólidos através das duas combinações mencionadas no parágrafo anterior. Para isso deve ficar claro ao leitor quais s ão as suposições feitas para a determinação de cada densidade, dentre as quais podem ser citadas, por exemplo, a homogeneidade da distribuição de massa dos objetos, assim como as características de suas geometrias.

$$\rho = (\bar{\rho} \pm \sigma_\rho)$$

Uma vez que tais suposições permitiram o trabalho algumas funções específicas, que puderam ser definidas num ambiente parametrizado por variáveis que relacionavam-se às medições diretas, deixar explícito quais foram cada uma destas funções e como, através delas, todas as medidas indiretas puderam ser obtidas, assim como as incertezas a elas associadas[1].

Perante os resultados obtidos para as densidades de cada objeto, responder se as combinações de instrumentos utilizados permitem identificar com clareza qual o material de cada objeto. Caso não seja possível, dizer o motivo disso (caso seja conhecido) ou minimamente realizando alguma conjecturação. Alguma destas combinaçõem permite a obtenção de medidas com uma menor incerteza associada? Se sim, dizer o porque e como isso relaciona-se com a boa identificação do material estudado.

Independente da identificação do material, e havendo compatibilidade dos resultados associados ás densidades volumétricas, estimar um único valor representativo para a densidade do material estudado. É possível identificá-lo?

3 Informações relevantes

3.1 Fórmulas e incertezas

Supondo que a distribuição da massa m contida num cilindro seja homogênea, a densidade volumétrica ρ deste pode ser estimada como

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4}{\pi}\frac{m}{hd^2} \quad ,$$

sendo d e h os respectivos diâmetros e altura do cilindro.

Assim, quando temos em mãos medições experimentais diretas, dadas por

$$m = (\bar{m} \pm \sigma_m) \quad , \quad d = \left(\bar{d} \pm \sigma_d\right) \quad , \quad h = \left(\bar{h} \pm \sigma_h\right) \quad ,$$

a densidade $\rho = (\bar{\rho} \pm \sigma_\rho)$ deve ser tal que

$$\bar{\rho} = \frac{4}{\pi}\frac{\bar{m}}{\bar{h}\bar{d}^2} \quad , \quad \sigma_\rho = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial m}\right)^2 (\sigma_m)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial d}\right)^2 (\sigma_d)^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial h}\right)^2 (\sigma_h)^2} \quad ,$$

onde

$$\frac{\partial \rho}{\partial m} = \frac{4}{\pi}\frac{1}{hd^2} \quad , \quad \frac{\partial \rho}{\partial d} = -\frac{8}{\pi}\frac{m}{hd^3} \quad , \quad \frac{\partial \rho}{\partial h} = -\frac{4}{\pi}\frac{m}{h^2 d^2} \quad .$$

[1] Todas essas informações, por exemplo, constam na Seção 3.1.

3.2 Sobre o critério de compatibilidade

Supondo que os valores experimentais resumidos em $x_1 = (\bar{x}_1 \pm \sigma_1)$ e $x_2 = (\bar{x}_2 \pm \sigma_2)$ seguem uma distribuição normal, diremos que eles são compatíveis se

$$Z = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{(\sigma_1)^2 + (\sigma_2)^2}} \lesssim 3 \quad .$$

3.3 Informações para o cálculo da média ponderada

Considerando n valores experimentais resumidos em $x_j = (\bar{x}_j \pm \sigma_j)$, um valor médio para esse conjunto de dados constrói-se por

$$x_T = (\bar{x}_T \pm \sigma_T) \quad ,$$

onde

$$x_T = \frac{\sum_{j=1}^{n} P_j x_j}{\sum_{k=1}^{n} P_k} \quad , \quad \text{com} \quad P_j = \frac{1}{(\sigma_j)^2} \quad \text{e} \quad \sigma_T = \sqrt{\frac{1}{\sum_{j=1}^{n} P_j}} \quad .$$

3.4 Valores para as densidades volumétricas de alguns plásticos

Plásticos	Densidades $[\rho] = g/cm^3$
Polipropileno	$0,900 \lesssim \rho \lesssim 0,915$
Polietileno	$0,941 \lesssim \rho \lesssim 0,965$
Poliamida (Nylon)	$1,09 \lesssim \rho \lesssim 1,14$
Acrílico	$1,17 \lesssim \rho \lesssim 1,20$
PVC	$1,35 \lesssim \rho \lesssim 1,45$