

## Experimentação

### Objetivos:

1. Obter a densidade superficial de uma folha de papel, a gramatura
2. Obter a densidade volumétrica de um sólido.

### Proposta:

1. Medir a gramatura de uma folha de papel sulfite através da medida da sua massa e das suas dimensões
2. Medir a densidade volumétrica de um tarugo metálico de forma geométrica definida
3. Medir a densidade volumétrica de uma moeda (forma geométrica irregular) através do empuxo.

### PROPOSTA 1: MEDIÇÃO DA GRAMATURA DE UMA FOLHA DE PAPEL

#### Material necessário:

Uma balança que meça massas da ordem de alguns gramas (menos que 10g); uma folha de papel sulfite (ou outro qualquer) e uma régua.

#### Procedimento:

1. Meça a largura ( $l$ ) e o comprimento ( $c$ ) de uma folha de papel. Se você já realizou a atividade proposta em "medições de distância", é exatamente o mesmo procedimento. Organize os dados em tabelas.

Uma vez obtidos  $l + \Delta l$  e  $c + \Delta c$ , obtenha a área  $A = l \cdot c$  e  $\Delta A = \frac{(A_{\max} - A_{\min})}{2}$ , valor máximo de  $A$ , e  $A_{\min}$ , valor mínimo de  $A$ ,

são calculados pelas relações:

$$A_{\max} = (l + \Delta l) \cdot (c + \Delta c)$$

$$A_{\min} = (l - \Delta l) \cdot (c + \Delta c)$$

2. Meça o valor da massa da folha  $m$  e o seu desvio  $\Delta m$ . Lembre-se de que o desvio é obtido utilizando as várias repetições da mesma medição e é dado pela metade da diferença entre o valor máximo e o valor mínimo. O valor que melhor representa uma medida é o valor médio obtido através das várias

*Mecânica – Princípio de Arquimedes - Empuxo*  
*Autores: Prof. Gil da Costa Marques e Profa. Nobuko Ueta*

repetições.

3. Tendo os valores de  $A \pm \Delta A$  e  $m \pm \Delta m$ , calcule a densidade superficial  $\sigma = \frac{m}{A}$ . O valor de  $\Delta \sigma$  é calculado obtendo-se  $\sigma_{\max}$  e  $\sigma_{\min}$ :

$$\sigma_{\max} = \frac{m_{\max}}{A_{\min}} = \frac{(m + \Delta m)}{(A - \Delta A)}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{m_{\min}}{A_{\max}} = \frac{(m - \Delta m)}{(A + \Delta A)}$$

$$\sigma = \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})}{2}$$

4. Compare com os valores citados na Introdução  $80g / m^2$  e  $120g / m^2$ .

**PROPOSTA 2: MEDIÇÃO DA DENSIDADE VOLUMÉTRICA DE UM TARUGO METÁLICO.**

*Material necessário:*

Tarugos cilíndricos de Al (alumínio), Cu (cobre) e plástico; balança para medir as massas e um paquímetro para medir as dimensões dos tarugos.

*Mecânica – Princípio de Arquimedes - Empuxo*  
 Autores: Prof. Gil da Costa Marques e Profa. Nobuko Ueta

Procedimento:

1. Utilize um paquímetro e meça os diâmetros dos tarugos. Organize os dados em uma tabela:

**Tabela 1 - Diâmetro dos tarugos**

$\Phi_{Al} (cm)$	$\Phi_{Cu} (cm)$	$\Phi_{plástico} (cm)$
$\Phi_{médio} (cm)$ $\Delta\Phi$ $\Delta\Phi$		

2. Utilize agora o paquímetro para medir a altura (h) dos cilindros e organize os dados em tabela:

**Tabela 2 - Altura dos tarugos**

$h_{Al} (cm)$	$h_{Cu} (cm)$	$h_{pl} (cm)$
$h_{médio}$ $\Delta h$		

3. O volume pode ser obtido pela relação  $V = \pi \cdot \Phi^2 \cdot \frac{h}{4}$ .

*Mecânica – Princípio de Arquimedes - Empuxo*  
*Autores: Prof. Gil da Costa Marques e Profa. Nobuko Ueta*

4. O volume médio é obtido usando-se os valores médios dos parâmetros medidos. O desvio  $\Delta V$  é obtido através dos valores máximo e mínimo dos parâmetros, como fizemos anteriormente:

$$\Delta V = \frac{(V_{\max} - V_{\min})}{2}$$

5. Não se esqueça de verificar as unidades utilizadas em cada medição de  $\phi$  e  $h$ . Elas devem estar na mesma unidade; se não estiverem, faça as conversões necessárias.

6. Meça a massa dos tarugos  $m$  em gramas. Pode ser usada uma balança comercial ou uma semelhante à construída na atividade "Medições de massa". Em geral, as medições de massa resultam num mesmo valor, caso sejam feitas várias repetições da mesma. Nesse caso, usa-se esse valor único e o desvio atribuído é o desvio da calibração da balança.

7. Calcule a densidade volumétrica dos tarugos  $\rho = \frac{m}{V}$  e  $\Delta\rho = \frac{(\rho_{\max} - \rho_{\min})}{2}$

, onde

$$\rho_{\max} = \frac{m_{\max}}{V_{\min}} = \frac{(m + \Delta m)}{(V - \Delta V)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{m_{\min}}{V_{\max}} = \frac{(m - \Delta m)}{(V + \Delta V)}$$

8. Compare os valores obtidos e classifique os materiais pela sua densidade.

**PROPOSTA 3: MEDIÇÃO DA DENSIDADE VOLUMÉTRICA DE UMA MOEDA PELO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES**

Material necessário: uma moeda ou outro objeto, uma balança e uma vasilha com água. Como balança você precisa usar uma do tipo que permita suspender a moeda com pouco material adicional e que também permita colocar uma vasilha com água por baixo. Veja a figura abaixo. (Pode-se também adaptar a montagem sugerida na atividade "Medições de massa", mas com um novo suporte. É necessário assim calibrar novamente.)

*Mecânica – Princípio de Arquimedes - Empuxo*  
*Autores: Prof. Gil da Costa Marques e Profa. Nobuko Ueta*

*Procedimento:*

1. calibre a balança utilizando massas conhecidas. Use moedas conforme descrito na atividade "Medições de massa". Organize os dados em uma tabela.
2. Faça o gráfico da calibração.
3. Meça o peso da moeda suspensa em ar  $P_m = M_{\text{arg}} \cdot g$ . Meça inicialmente o deslocamento causado pela moeda e, com o auxílio da curva de calibração, obtenha a massa  $M_{\text{ar}}$ .
4. Meça agora o peso aparente da moeda imersa em água. Meça o deslocamento e obtenha a massa aparente  $M_{\text{ap}}$  através do gráfico, como no item anterior. O peso aparente é dado por  $P_m - E_m$ , onde  $E_m$  é o empuxo sofrido pela moeda.  $P_m - E_m = M_{\text{ap}} \cdot g$ .
5. Calcule o valor da densidade do metal  $m$  pela relação  $\rho_m = P_m \cdot \frac{\rho_a}{E_m} = \frac{M_{\text{ar}} \cdot \rho_a}{(M_{\text{ar}} - M_{\text{ap}})}$ .
6. Compare o valor obtido com o de alguns metais, inclusive com os valores obtidos na proposta anterior. Você sabe do que é feita uma moeda?

### **Demonstração**

#### 1. "Perdendo" peso

Pode-se demonstrar a lei do empuxo comparando o peso de um objeto antes da imersão e depois da imersão. O empuxo nada mais é do que a diferença entre os dois resultados:

Empuxo = peso antes - peso depois

#### 2. Enchendo uma bexiga

Ao enchermos uma bexiga numa festa de aniversário, verificamos que ela fica mais leve do que o ar. A partir de um certo ponto, ele sobe (devemos encher uma bexiga aos poucos para entendermos isso).

Qual é a composição química do gás que expiramos? E a do ar na atmosfera?

#### 3. Flutuando no mercúrio

O mercúrio é um líquido cerca de 14 vezes mais denso do que a água. É muito fácil fazer objetos flutuarem no mercúrio.