

## 1.137 Densidade e Empuxo

### Objetivo

Determinar a densidade de sólidos utilizando o conceito de empuxo.

### Materiais Utilizados

1 uma balança digital, 1 béquer (ou outro recipiente semelhante) com água, 1 fio fino, diversos materiais sólidos (zinco, chumbo, alumínio, cobre, latão, vidro, etc).

### Montagem e Procedimento

Com a balança de precisão determine a massa do sólido utilizado. Coloque o béquer com água sobre a balança e nele mergulhe o sólido, suspendendo-o pelo fio. Faça com que ele afunde totalmente, sem encostar em nenhuma parte do recipiente. Um esquema da montagem e realização do experimento está na Fig. (1.155).

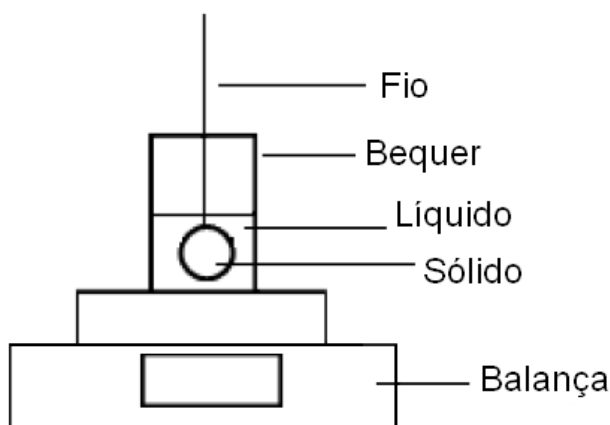


Figura 1.155: Mergulhando o corpo no líquido sobre a balança.

Estando inicialmente a balança zerada, anote a massa aparente do sólido por ela medida (sólido mergulhado na água). Conhecendo a massa real e aparente do sólido, bem como a densidade da água ( $1g/cm^3$ ), determine a densidade do sólido.

Uma observação importante que precisa ser aqui destacada é que o método para a realização desse experimento somente funciona quando a densidade do sólido é maior da densidade do líquido pois, caso contrário, o sólido flutua, parcial ou totalmente.

## **Análise e Explicação**

A densidade ou massa específica de uma substância, é a razão entre sua massa pelo seu volume. Se uma substancia de massa ( $m$ ) ocupa um volume ( $V$ ), sua densidade ( $\rho$ ) é dada por:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.139)$$

Cada substância apresenta uma densidade característica. Esta, porém, varia com a pressão e temperatura, pois o volume de uma substância depende do grau de agitação e da aproximação entre as moléculas.

De acordo com o princípio de Arquimedes, sobre um corpo total ou parcialmente mergulhado num fluído, age uma força vertical de baixo para cima, chamada empuxo ( $E$ ), cuja intensidade é igual ao peso do volume do líquido deslocado pelo corpo, ou:

$$E = m_l g \quad (1.140)$$

onde  $g$  é a aceleração da gravidade e  $m_l$  a massa correspondente ao volume do líquido deslocado. Escrevendo  $m$  em função da densidade e do volume (usando a Eq. 1.139) a Eq. 1.140) fica:

$$E = \rho_l g V_l \quad (1.141)$$

onde  $\rho_l$  é a densidade do líquido e  $V_l$  o volume do líquido deslocado.

A partir do conceito de empuxo pode-se desenvolver um método que facilitará muito na determinação da densidade de corpos. Igualando as Eqs. 1.140) e 1.141), vem que:

$$mg = \rho_l g V \quad (1.142)$$

Se o corpo mergulhado no líquido for mais denso, ele acaba afundando totalmente, de modo que o volume do líquido deslocado é igual ao volume

do sólido:  $V_l = V_s$ . Sendo  $V_s = m_s/\rho_s$ , escreve-se (1.143) como  $m_l g = \rho_l g m_s / \rho_s$ , donde vem que:

$$\rho_s = \rho_l \left( \frac{m_s}{m_l} \right) \quad (1.143)$$

Se o corpo submerso é apoiado numa balança no fundo do recipiente, a balança indicará uma força atuante para cima sobre o objeto, que será igual a intensidade  $P - E$ . Assim, os objeto submersos aparentam pesar menos do que eles normalmente pesam. Representando  $m_l$ , que é a massa aparente do sólido (massa do líquido deslocado), por  $m'_s$ , a Eq.(1.143) pode ser escrita como:

$$\rho_s = \rho_l \left( \frac{m_s}{m'_s} \right) \quad (1.144)$$

onde  $\rho_s$  é a densidade do sólido,  $\rho_l$  a densidade do líquido,  $m_s$  a massa real do sólido e  $m'_s$  a massa aparente do sólido.

Na Tab.(1.12) temos os dados obtidos em um experimento, considerando a densidade da água como sendo  $\rho = 1g/cm^3$ , bem como o erro percentual (o erro percentual é o módulo da diferença entre a densidade de massa tabelada com a massa medida, dividido pela massa tabelada, vezes 100) em relação à valores tabelados de densidade de sólidos:

Tabela 1.12: Massas e densidades de substâncias.

Substância	$m_s$	$m'_s$	$\rho_{exp}$	$\rho_{tab}$	Erro (%)
Latão	101,6	11,94	8,51	8,4	1,3
Alumínio	18,3	6,73	2,72	2,7	0,7
Cobre	21,5	2,43	8,85	8,9	0,6
Zinco	12,68	1,79	7,08	7,1	0,3
Chumbo	24,03	2,12	11,3	11,3	0,0

Para determinar a densidade de líquidos o procedimento é semelhante. Neste caso basta conhecer a densidade do sólido que, a partir de (1.144) a densidade do líquido passa a ser dada por:

$$\rho_l = \rho_s \left( \frac{m'_s}{m_s} \right)$$