

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

DISCIPLINA: CIT 60907 – CIÊNCIAS TÉRMICAS
PROF. MAURICIO NATH LOPES

MECÂNICA DOS FLUIDOS

5. Teorema de Arquimedes

Todo corpo imerso total ou parcialmente num líquido recebe uma força vertical, de baixo para cima, igual ao peso da porção de líquido deslocada pelo corpo. A esta força damos o nome de empuxo.

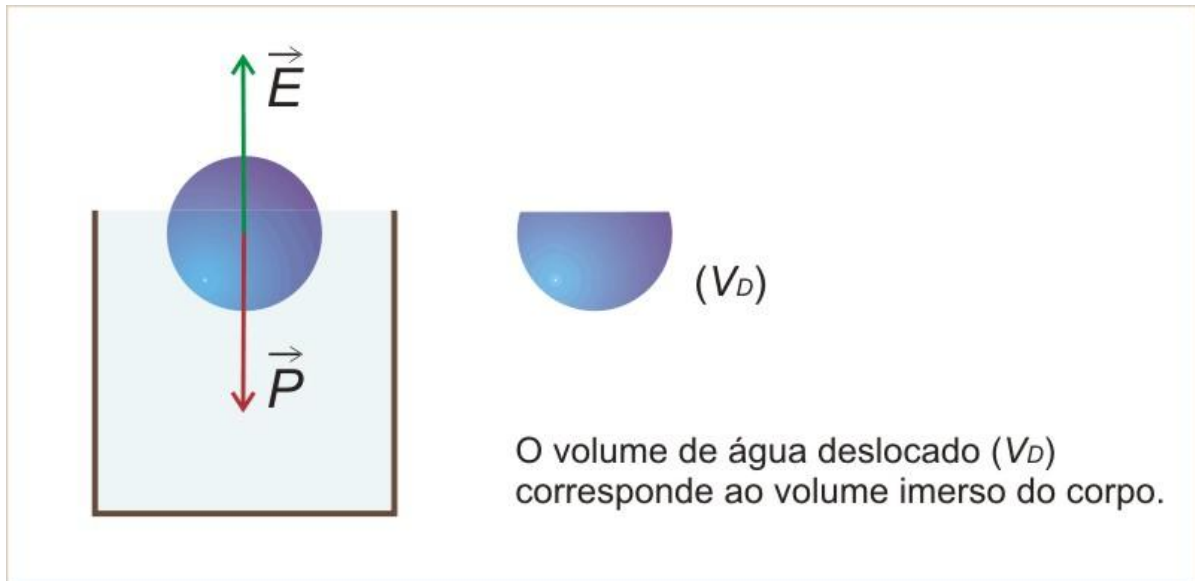
$$\begin{aligned}E &= P_l \\E &= m_l \cdot g \\E &= \rho_l \cdot V_l \cdot g\end{aligned}$$

Onde : E = empuxo, em N

ρ_l = densidade do líquido, em kg/m^3

V_l = volume do líquido deslocado, em m^3

g = aceleração da gravidade, em m/s^2



5.1 Equilíbrio de corpos imersos e flutuantes

Seja um corpo mergulhado em um líquido. Sabemos que apenas duas forças agem sobre ele: o seu peso P e o empuxo E.

Distinguem-se três casos, que veremos a seguir:

1º caso: O peso é maior que o empuxo ($P > E$).

Neste caso o corpo descerá com aceleração constante (condições ideais). Verificando-se as expressões de P e E, conclui-se que isso acontecerá se a densidade do corpo for maior que a densidade do líquido.

$$P > E$$

$$m \cdot g > m_l \cdot g$$

$$\rho_c \cdot V_c \cdot g > \rho_l \cdot V_l \cdot g$$

Como $V_c = V_l$,

$$\rho_c > \rho_l$$

2º caso: O peso é menor que o empuxo ($P < E$).

Neste caso o corpo subirá com aceleração constante até ficar flutuando na superfície do líquido. Isso acontecerá quando a massa específica do corpo for menor que a massa específica do líquido, isto é,

$$\rho_c < \rho_l$$

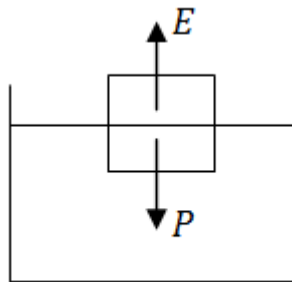
Quando o corpo, na sua trajetória de subida, aflorar na superfície do líquido, o empuxo começará a diminuir, pois diminuirá a parte submersa e, portanto, o volume do líquido deslocado. O corpo subirá até que o empuxo fique igual ao peso do corpo, que é constante. Nesta condição ($P = E$) o corpo ficará em equilíbrio, flutuando no líquido.

3º caso: O peso é igual ao empuxo ($P = E$).

Neste caso o corpo ficará em equilíbrio, qualquer que seja o ponto em que for colocado. Isso acontecerá quando a massa específica do corpo for igual a massa específica do líquido, isto é,

$$\rho_c = \rho_l$$

Exemplo 1: Um cubo de madeira de densidade $0,2 \text{ g/cm}^3$ e aresta 20 cm flutua na água. Determinar a altura da parte imersa do cubo. Considere a densidade da água igual a 1 g/cm^3 .



Neste caso,

$$P = E$$

$$\rho_c \cdot V_c \cdot g = \rho_l \cdot V_l \cdot g$$

$$0,2 \cdot 20^3 = 1 \cdot 20 \cdot 20 \cdot h$$

$$4 \text{ cm} = h$$

Exemplo 2: Uma esfera de massa 20 g é mantida totalmente imersa em um líquido,

de forma que a distância entre seu ponto mais alto e a superfície livre do líquido vale 11,25 cm. Sabendo-se que a densidade da esfera em relação ao líquido é 0,8, determinar o tempo decorrido do instante em que a esfera foi liberada até aquele em que ela chega à superfície. Admitam-se a inexistência de atrito e $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Cálculo do empuxo:

$$E = \rho_l \cdot V_l \cdot g$$

Mas se a esfera está totalmente submersa, $V_l = V_{esf} = \frac{m}{\rho_{esf}}$

Assim,
$$E = \rho_l \cdot \frac{m}{\rho_{esf}} \cdot g$$

$$E = \frac{0,020}{0,8} \cdot 10$$

$$E = 0,25 \text{ N}$$

- Cálculo do peso da esfera: $P = m \cdot g = 0,020 \cdot 10 = 0,2 \text{ N}$

- Cálculo da aceleração: $\Sigma F = m \cdot a$

$$E - P = m_{esf} \cdot a$$

$$0,25 - 0,2 = 0,020 \cdot a$$

$$a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

- Cálculo do tempo de subida: $x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$

$$0,1125 = 0 + 0 + \frac{2,5 \cdot t^2}{2}$$

$$0,1125 = 1,25 \cdot t^2$$

$$t^2 = 0,09$$

$$t = 0,3 \text{ s}$$