

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SÃO PAULO

Mecânica dos Fluidos

Aula 7 – Flutuação e Empuxo

Prof. MSc. Luiz Eduardo Miranda J. Rodrigues

Tópicos Abordados Nesta Aula

- Flutuação e Empuxo.
- Solução de Exercícios.

Definição de Empuxo

- Quando se mergulha um corpo em um líquido, seu peso aparente diminui, chegando às vezes a parecer totalmente anulado (quando o corpo flutua). Esse fato se deve à existência de uma força vertical de baixo para cima, exercida no corpo pelo líquido, a qual recebe o nome de empuxo.
- O empuxo se deve à diferença das pressões exercidas pelo fluido nas superfícies inferior e superior do corpo. Sendo as forças aplicadas pelo fluido na parte inferior maiores que as exercidas na parte superior, a resultante dessas forças fornece uma força vertical de baixo para cima, que é o empuxo.

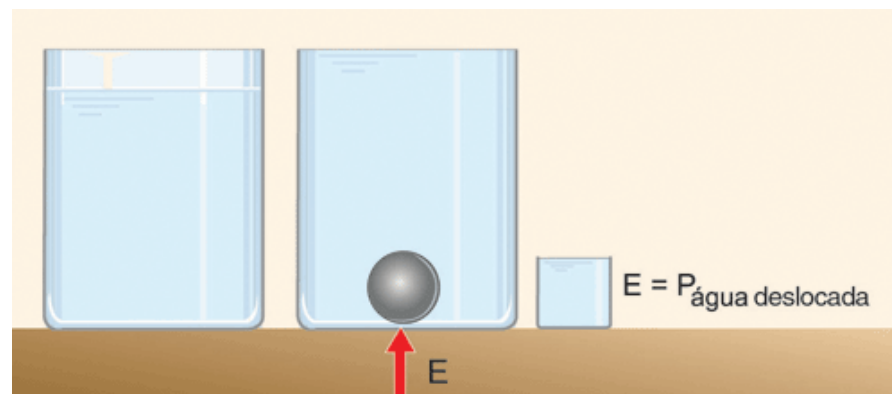
Princípio de Arquimedes

- A teoria para obtenção da força de empuxo está diretamente relacionada ao Princípio de Arquimedes que diz:

“Todo corpo imerso, total ou parcialmente, num fluido em equilíbrio, dentro de um campo gravitacional, fica sob a ação de uma força vertical, com sentido ascendente, aplicada pelo fluido. Esta força é denominada empuxo (E), cuja intensidade é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo.”

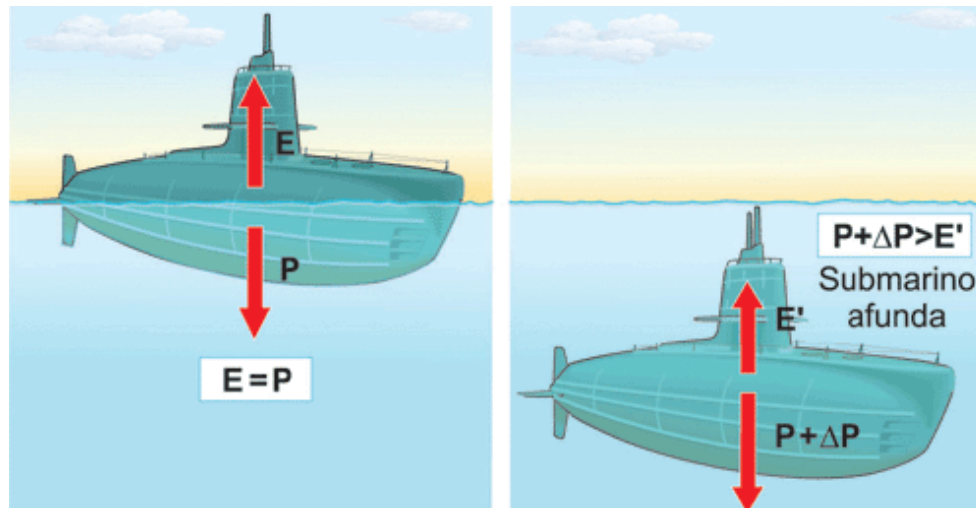
Demonstração do Princípio de Arquimedes

- O Princípio de Arquimedes permite calcular a força que um fluido (líquido ou gás) exerce sobre um sólido nele mergulhado.
- Para entender o Princípio de Arquimedes, imagine a seguinte situação: um copo totalmente cheio d'água e uma esfera de chumbo. Se colocarmos a esfera na superfície da água, ela vai afundar e provocar o extravasamento de uma certa quantidade de água. A força que a água exerce sobre a esfera terá direção vertical, sentido para cima e módulo igual ao do peso da água que foi deslocada como mostra a figura.



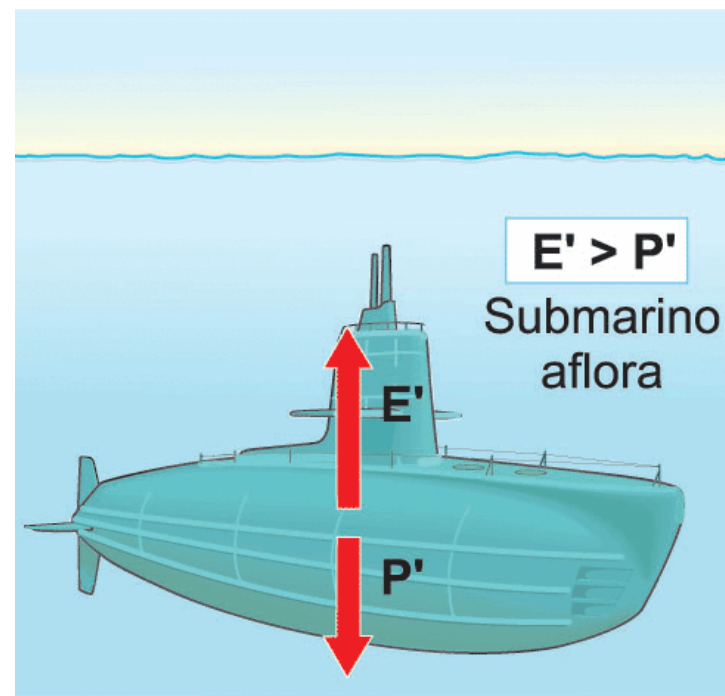
Exemplo de Aplicação

- Um exemplo clássico da aplicação do Princípio de Arquimedes são os movimentos de um submarino. Quando o mesmo estiver flutuando na superfície, o seu peso terá a mesma intensidade do empuxo recebido. Para que o submarino afunde, deve-se aumentar o seu peso, o que se consegue armazenando água em reservatórios adequados em seu interior. Controlando a quantidade de água em seus reservatórios, é possível ajustar o peso do submarino para o valor desejado, a figura mostra as duas situações acima citadas.



Flutuação do Submarino

- Para que o submarino volte a flutuar, a água deve ser expulsa de seus reservatórios para reduzir o peso do submarino e fazer com que o empuxo se torne maior que o peso.



Formulação Matemática do Empuxo

- Como citado, o Princípio de Arquimedes diz que o empuxo é igual ao peso do líquido deslocado, portanto, pode-se escrever que:

$$E = W_L \quad \longrightarrow \quad E = m_L \cdot g$$

- Na equação apresentada, E representa o empuxo e m_L a massa do líquido deslocado. Essa mesma equação pode ser reescrita utilizando-se considerações de massa específica, pois como visto anteriormente $\rho = m/V$, portanto, $m_L = \rho_L \cdot V_L$, assim:

$$E = \rho_L \cdot V_L \cdot g$$

- Nesta equação, ρ_L representa a massa específica do líquido e V_L o volume de líquido deslocado. Pela análise realizada é possível perceber que o empuxo será tanto maior quanto maior for o volume de líquido deslocado e quanto maior for a densidade deste líquido.

$$E = \rho_L \cdot V_c \cdot g$$

$$P = \rho_c \cdot V_c \cdot g$$

Considerações sobre o Empuxo

- Três importantes considerações podem ser feitas com relação ao empuxo:
- a) se $\rho_L < \rho_C$, tem-se $E < P$ e, neste caso, o corpo afundará no líquido.
- b) se $\rho_L = \rho_C$, tem-se $E = P$ e, neste caso, o corpo ficará em equilíbrio quando estiver totalmente mergulhado no líquido.
- c) se $\rho_L > \rho_C$, tem-se $E > P$ e, neste caso, o corpo permanecerá boiando na superfície do líquido.
- Dessa forma, é possível se determinar quando um sólido flutuará ou afundará em um líquido, simplesmente conhecendo o valor de sua massa específica.

Exercício 1

- 1) Um objeto com massa de 10kg e volume de $0,002\text{m}^3$ está totalmente imerso dentro de um reservatório de água ($\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000\text{kg/m}^3$), determine:
 - a) Qual é o valor do peso do objeto? (utilize $g = 10\text{m/s}^2$)
 - b) Qual é a intensidade da força de empuxo que a água exerce sobre o objeto?
 - c) Qual o valor do peso aparente do objeto quando imerso na água?

Solução do Exercício 1

a) **Peso do Corpo:**

$$P_c = m \cdot g$$

$$P_c = 10 \cdot 10$$

$$P_c = 100\text{N}$$

b) **Empuxo:**

$$E = \rho \cdot g \cdot V_c$$

$$E = 1000 \cdot 10 \cdot 0,002$$

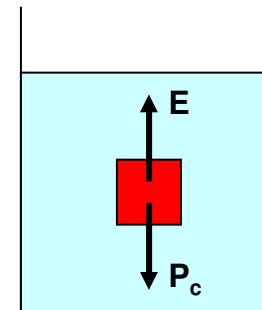
$$E = 20\text{N}$$

c) **Peso Aparente:**

$$P_A = P_c - E$$

$$P_A = 100 - 20$$

$$P_A = 80\text{N}$$



Exercícios Propostos

- 1) Um bloco cúbico de madeira com peso específico $\gamma = 6500\text{N/m}^3$, com 20 cm de aresta, flutua na água ($\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000\text{kg/m}^3$). Determine a altura do cubo que permanece dentro da água.
- 2) Um bloco pesa 50N no ar e 40N na água. Determine a massa específica do material do bloco. Dados: $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000\text{kg/m}^3$ e $g = 10\text{m/s}^2$.
- 3) Um corpo com volume de $2,0\text{m}^3$ e massa 3000kg encontra-se totalmente imerso na água, cuja massa específica é ($\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000\text{kg/m}^3$). Determine a força de empuxo sobre o corpo.

Próxima Aula

- Cinemática dos Fluidos.
- Definição de Vazão Volumétrica.
- Vazão em Massa e Vazão em Peso.