

# Experimento 1

Perda de Carga

*Por Guilherme Augusto de Matheucci e Silva Teixeira*

# Ramo 1 - Comprimento equivalente

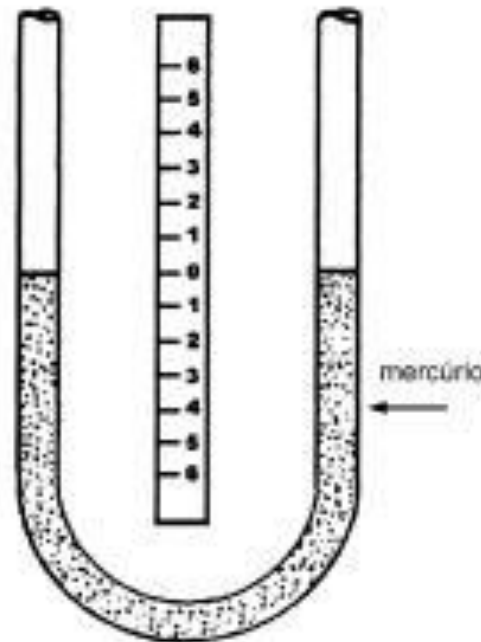
- O Comprimento Equivalente de um acessório pode ser obtido pela fórmula universal de perda de Carga:

$$\Delta H = \frac{f L V^2}{D 2g} \longrightarrow L_{eq} = \frac{\Delta H D 2g}{f V^2}$$

- Tem-se: Diâmetro do acessório (interno); aceleração da gravidade
- Precisa calcular: Perda de Carga, velocidade e fator f

# Primeiro passo: Perda de Carga

- Como calcular a perda de carga?
- Ela vai ser obtida a partir de uma medição de diferença de pressão, utilizando manômetros em U



# Lei de Stevin

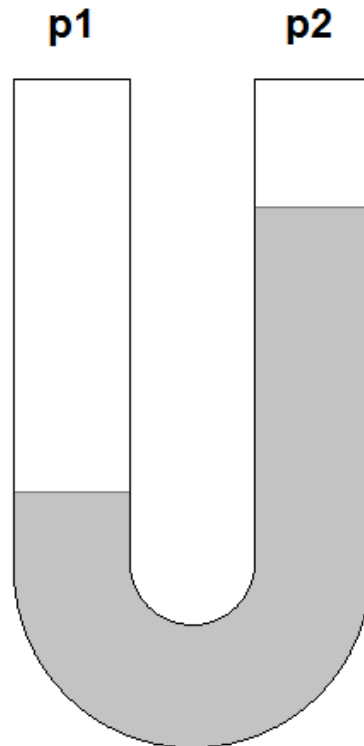
- Para aprender a ler a pressão em um manômetro em U, é preciso conhecer a Lei de Stevin.
- Essa lei indica que a variação de pressão em uma **coluna d'água (não no manômetro)** é dada por:

$$\Delta p = \rho_1 g \Delta h_1$$

- Assim, se descermos na coluna d'água, a pressão aumenta com essa fórmula
- De forma análoga, se subirmos na coluna d'água, a pressão diminui com essa fórmula

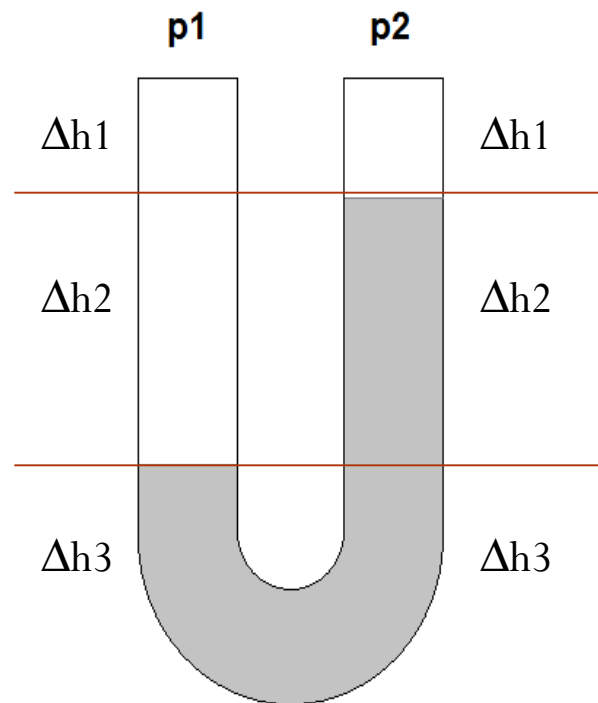
# Pressão em um manômetro em U

- Para calcular a pressão, é necessário seguir um caminho...
- Observem a figura abaixo



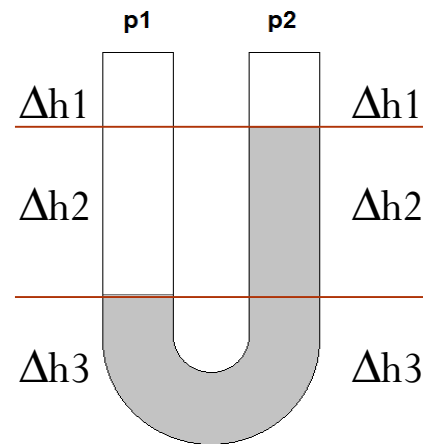
# Pressão em um manômetro em U

- Precisa-se traçar um caminho de  $p_1$  até  $p_2$ , por isso, é necessário dividir o manômetro em vários trechos diferentes:



# Pressão em um manômetro em U

- Descendo é positivo (aumenta a pressão quando desce), subindo é negativo (diminui a pressão quando sobe). Logo, tem-se:



- $p_1 = p_2 - \rho_{\text{água}} * g * \Delta h_1 - \rho_{\text{água}} * g * \Delta h_2 - \rho_{\text{líquido}} * g * \Delta h_3 + \rho_{\text{líquido}} * g * \Delta h_3 + \rho_{\text{líquido}} * g * \Delta h_2 + \rho_{\text{água}} * g * \Delta h_1$
- $p_1 - p_2 = + \rho_{\text{líquido}} * g * \Delta h_2 - \rho_{\text{água}} * g * \Delta h_2$
- $p_1 - p_2 = ( \rho_{\text{líquido}} - \rho_{\text{água}} ) * g * \Delta h_2$

# Pressão em um manômetro em U

- Nos manômetros, o líquido branco é a água e o cinza é um líquido manométrico qualquer. Assim, a fórmula genérica para o cálculo de diferenças de pressão em manômetros em U pode ser resumida por:

$$p_{entrada} - p_{saída} = (\rho_{líquido} - \rho_{água}) * g * \Delta h$$

- O  $h$  ali é do manômetro e não tem nada a ver com a perda de carga.
- Obtendo-se a diferença de pressão, é possível descobrir a perda de carga.



# Equação de energia

- A equação de energia pode ser resumida por

$$\frac{V_e^2}{2g} + \frac{p_e}{\gamma} + Z_e = \frac{V_s^2}{2g} + \frac{p_s}{\gamma} + Z_s + \Delta H$$

- No nosso caso, as diferenças de altura são praticamente as mesmas (casa dos mm), logo, não há diferença de carga potencial ( $Z_e - Z_s = 0$ )
- No nosso caso, as velocidades também são iguais, porque o diâmetro é o mesmo e a área também. Logo,  $V_e = V_s$

# Equação de energia

- Anulando todos os termos citados, a equação de energia se resume a:

$$\frac{P_e}{\gamma} = \frac{P_s}{\gamma} + \Delta H$$

- Isolando a perda de carga, é possível obter outra expressão:

$$\frac{P_e - P_s}{\gamma} = \frac{\Delta p}{\gamma} = \Delta H$$

- Como a diferença de pressão foi medida e calculada, é possível achar a perda de carga

# Pausa

- Essa experiência é longa, então respira, toma um cafezinho, coma um chocolate e volta aqui depois



# Para que tudo isso?

- O cafezinho foi longo, agora vamos relembrar. Estamos tentando descobrir o comprimento equivalente de um acessório.
- Para isso precisamos descobrir a perda de carga, a velocidade e o fator  $f$ , como mostra a equação abaixo

$$L_{eq} = \frac{\Delta H D 2g}{f V^2}$$

- Já descobrimos a perda de carga, agora falta o  $v$  e o  $f$

# Cálculo da velocidade

- A velocidade é uma das mais fáceis de calcular, mas não é bom vacilar, por isso cuidado com as unidades.
- Seguindo a conservação da massa, a velocidade em um escoamento pode ser dada por:

$$V = \frac{Q}{A}$$

- O Q é medido, enquanto a Área é a área transversal do acessório (um círculo), cujo diâmetro já é conhecido

# Cálculo do fator f

- Existem duas fórmulas para o fator f, a principal e universal é a de Swamee

$$f = \left\{ \left( \frac{64}{Re} \right)^8 + 9,5 \left[ \ln \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) - \left( \frac{2500}{Re} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125}$$

- Há também a de Swamee Jain, mais simples, mas tem restrições:

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2} \quad \begin{array}{l} 5 \cdot 10^3 \leq Re \leq 10^8 \\ 10^{-6} \leq \varepsilon/D \leq 10^{-2} \end{array}$$

# Parâmetros do cálculo

- Para o cálculo do  $f$ , é necessário conhecer:
  - Diâmetro (dado)
  - Rugosidade (fornecido)
  - Reynolds (Calculado)
- Para o cálculo do número de Reynolds, basta aplicar a fórmula:

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

- Lembrando:  $\nu$  = viscosidade cinemática =  $1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}^2$

# Acabou???



- Nãããão... Tem ainda o Ramo 2



## Ramo 2 – Vazão x Perda

- Nessa parte, será aumentada a vazão, a fim de verificar o que acontece com a perda de carga em um tubo reto
- Para isso, basta medir a diferença de pressão para cada vazão e, com ela, calcular a perda de carga (Ramo 1)
- Por fim, é só fazer um gráfico. (Videoaulas)
  
- Por hoje é só então pessoal! Até mais