UNIVERSIDADE DA MADEIRA

Física para a Biologia PL8 - Mecânica dos Fluidos

1. Objetivos

Verificação da validade do princípio da continuidade e da equação de Bernoulli. Observação do efeito Venturi.

2. Introdução

O volume V de fluido que atravessa uma determinada secção reta de área A de um tubo de corrente no intervalo de tempo Δt designa-se caudal e representa-se por Q. Por definição, o caudal é

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \quad (1)$$

ou seja,

$$Q = A\frac{\Delta x}{\Delta t} = Av \quad (2)$$

onde Δx é o deslocamento do volume no tubo durante o intervalo de tempo Δt, e v a velocidade. O princípio da continuidade afirma que num tubo de corrente o caudal de um fluido ideal tem o mesmo valor em qualquer secção reta desse tubo, representando a seguinte igualdade

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (3)$$

onde os índices 1 e 2 referem-se a dois pontos pertencentes a diferentes secções do tubo. A equação (3) mostra que a velocidade de escoamento de um fluido aumenta à medida que diminui a secção do tubo, de modo a que a mesma quantidade de fluido seja transportada através de diferentes secções do tubo no mesmo intervalo de tempo. Quando não há atritos, a energia mecânica do fluido conserva-se. Esta lei de conservação é expressa pela equação de Bernoulli. Esta equação, quando aplicada a dois pontos 1 e 2 de um fluido, toma a forma

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (4)$$

sendo: p_1, p_2 as pressões estáticas; ρ a massa volúmica do fluido; v_1, v_2 as velocidades do fluido; g a aceleração gravítica; h_1, h_2 as alturas dos pontos considerados relativamente a um dado nível de referência. Os termos $\frac{1}{2}\rho v_1^2, \frac{1}{2}\rho v_2^2$ são designados por pressões dinâmicas, onde mais à frente iremos designar por p_{d1}, p_{d2}.

A aplicação da equação (4) a dois pontos de um fluido situados ao mesmo nível, $h_1=h_2=h$ permite escrever

$$p_2-p_1=\frac{1}{2}\rho\left(v_1^2-v_2^2\right) \tag{5}$$

Esta equação mostra que a diferença de pressão estática entre dois pontos de um fluido situados ao mesmo nível é simétrica da diferença de pressão dinâmica entre esses dois pontos. Por outro lado, a equação (5) mostra que se $v_2 > v_1$ então $p_2 < p_1$. Este resultado traduz o chamado efeito Venturi.

Usando as equações (2) e (5) podemos expressar a diferença de pressão estática entre dois pontos de um fluido situados ao mesmo nível pela seguinte expressão

$$p_2-p_1=-\frac{\rho Q^2}{2}\frac{1}{A_2^2}+\frac{1}{2}\rho v_1^2 \tag{6}$$

Tendo em conta que a pressão dinâmica é simétrica da pressão estática $p_2-p_1=p_{d1}-p_{d2}$, a equação (6) vem:

$$p_{d1}-p_{d2}=-\frac{\rho Q^2}{2}\frac{1}{A_2^2}+\frac{1}{2}\rho v_1^2 \tag{7}$$

Esta equação mostra que a diferença de pressão dinâmica entre dois pontos de um fluido situados ao mesmo nível varia linearmente com $\frac{1}{A_2^2}$.

3. Montagem experimental

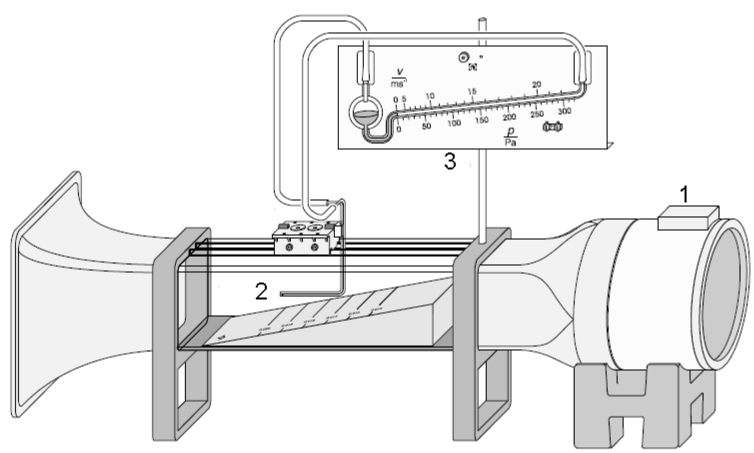

Figura 1 – Túnel de vento: 1 – Interruptor de ligação e potenciómetro de controlo; 2 – Tubo de pitot; 3 – Manómetro de velocidade e pressão dinâmica .

4. Procedimento

- Ligue a hélice de sucção (1) e deixe-a aquecer durante pelo menos 2 minutos antes de a colocar em movimento.
- Posicione a ponta do tubo alinhado com o traço da rampa na secção A_1 (2). Se necessário segure-o.
- Rodando lentamente o botão controlador (1), ponha o motor em movimento na sua potência máxima.
- Meça a velocidade e a pressão dinâmica do ar (3) no túnel de vento em todas as secções cuja área é indicada na rampa ($A_{1,} A_{2,} A_{3,} A_{4,} A_5 \, e \, A_6$).
- Diminua a velocidade da hélice de sucção lentamente, até que pare e em seguida desligue-a.

5. Tratamento de dados experimentais

1. Calcule os caudais, $Q_{1,} \ldots, Q_6$ e os respetivos erros.
2. Verifique se o princípio da continuidade é válido.
3. Calcule a média dos caudais e defina um erro.
4. Calcule $p_{d1} - p_{dn}$ para cada par de secções. Em que n = 2, …, 6.
5. Calcule $\frac{1}{A_n^2}$ para as seguintes secções: A_2 , , A_6
6. Faça a correspondência entre a equação (7) e $y = a_1 x + a_0$.
7. Usando o método dos mínimos quadrados, determine os coeficientes $(a_1 \pm \mu_{a1})\, unidades$ e $(a_0 \pm \mu_{a0})\, unidades$.
8. Use a correspondência estabelecida no item 6. e estabeleça a expressão para calcular a massa volúmica do ar ρ .
9. Estabeleça a expressão para calcular o erro da massa volúmica do ar $\Delta\rho$.
10. Compare os valores da massa volúmica determinados anteriormente ($\rho \pm \Delta\rho$) com o valor esperado 1,23 kgm^{-3}