

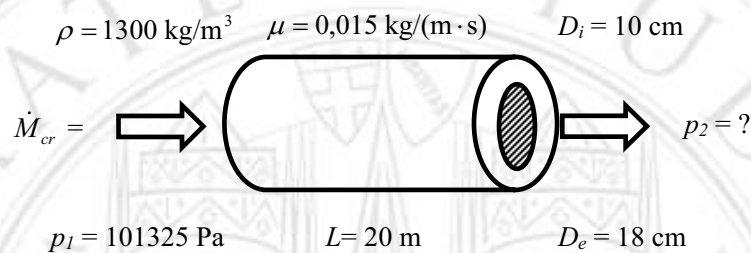
**Esercizio (sistemi aperti)**

Adattato da: G. Cammarata, *Fisica tecnica ambientale*, McGraw-Hill (2007).

Un fluido con densità  $\rho = 1300 \text{ kg/m}^3$  e viscosità dinamica  $\mu = 0,015 \text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$  scorre in un condotto orizzontale a sezione anulare di lunghezza  $L = 20 \text{ m}$  e di diametri interno ed esterno  $D_i = 10 \text{ cm}$  e  $D_e = 18 \text{ cm}$  rispettivamente.

Si determini la portata massica critica in corrispondenza della quale inizia la fase di transizione tra regime laminare e turbolento.

In tale situazione, sapendo che nella sezione iniziale il fluido si trova alla pressione atmosferica, determinare la pressione del fluido nella sezione finale del condotto.

**Soluzione****1) Determinare la portata massica critica.**

Il diametro equivalente del condotto anulare è:

$$D_{eq} = \frac{4S}{p_b} = 4 \frac{\frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_1^2)}{\pi(D_2 + D_1)} = \frac{(D_2 - D_1)(D_2 + D_1)}{(D_2 + D_1)} = (D_2 - D_1) = 0,18 - 0,10 = 0,08 \text{ [m]} \quad (1)$$

In corrispondenza dell'inizio della fase di transizione tra regime laminare e turbolento il numero di Reynolds vale 2300:

$$\text{Re}_{cr} = \frac{W_{cr} D_{eq} \rho}{\mu} \approx 2300 \quad (2)$$

Da qui si può ricavare la velocità media critica:

$$W_{cr} \approx \frac{\text{Re}_{cr} \mu}{D_{eq} \rho} \approx \frac{2300 \cdot 0,015}{0,08 \cdot 1300} \approx 0,332 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right] \quad (3)$$

Nota la velocità media critica si ricava la portata massica critica:

$$\dot{M}_{cr} = \rho W_{cr} S = \rho \cdot W_{cr} \cdot \frac{\pi(D_2^2 - D_1^2)}{4} \approx 1300 \cdot 0,332 \cdot \frac{\pi(0,18^2 - 0,10^2)}{4} \approx 7,6 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \quad (4)$$

**2) Determinare la pressione del fluido nella sezione finale del condotto.**

In corrispondenza dell'inizio della fase di transizione tra regime laminare e turbolento, il fattore d'attrito è ancora dato dalla semplice legge del regime laminare:

$$\xi = \frac{64}{\text{Re}_{cr}} \approx \frac{64}{2300} \approx 0,028 \quad (5)$$

Pertanto la perdita di carico (distribuita) risulta:

$$R = \xi \frac{L}{D_{eq}} \frac{W_{cr}^2}{2} \approx 0,028 \frac{20}{0,08} \frac{0,332^2}{2} \approx 0,38 \left[ \frac{\text{J}}{\text{kg}} \right] \quad (6)$$

La pressione nella sezione finale del condotto è allora:

$$p_2 = p_1 - R\rho \approx 101325 - 0,38 \cdot 1300 \approx 100827 \text{ [Pa]} \approx 101 \text{ [kPa]} \quad (7)$$