Fisica Generale

Settimana 10 – Lezione 27

Facoltà di Ingegneria

Livio Lanceri

Fluidi - dinamica: introduzione

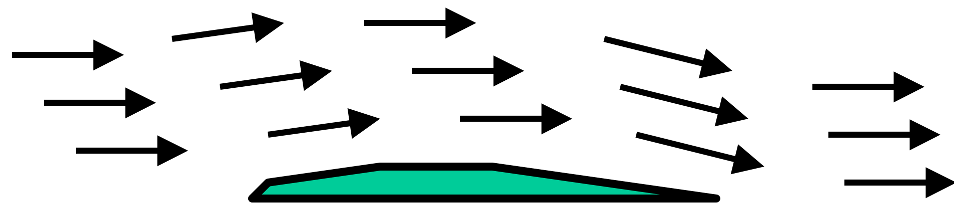
- ***Motivazioni, Statica dei fluidi***
  - Vedi lezioni precedente

- ***Dinamica elementare dei fluidi "ideali"***
  - Campo delle velocita\` ; linee di corrente e tubi di flusso
  - Portata di un tubo di flusso; equazione di continuita\`
  - Teorema di Bernoulli (conservazione dell'energia meccanica)

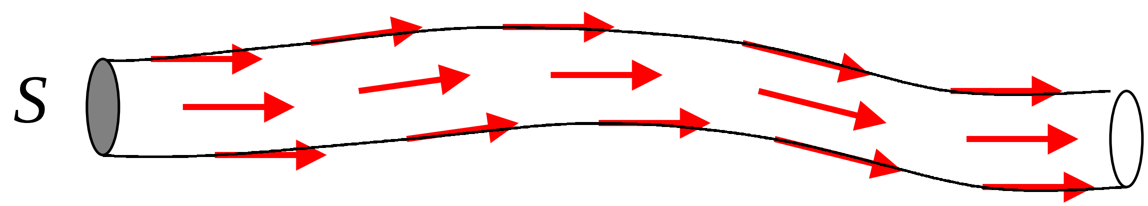
- ***Fluidi "reali"***
  - Viscosita\` , turbolenza (cenni; vedi testo)

Dinamica - 1

- ***Campo delle velocita`***
  - In generale: $\vec{v} = \vec{v}(x, y, z; t)$



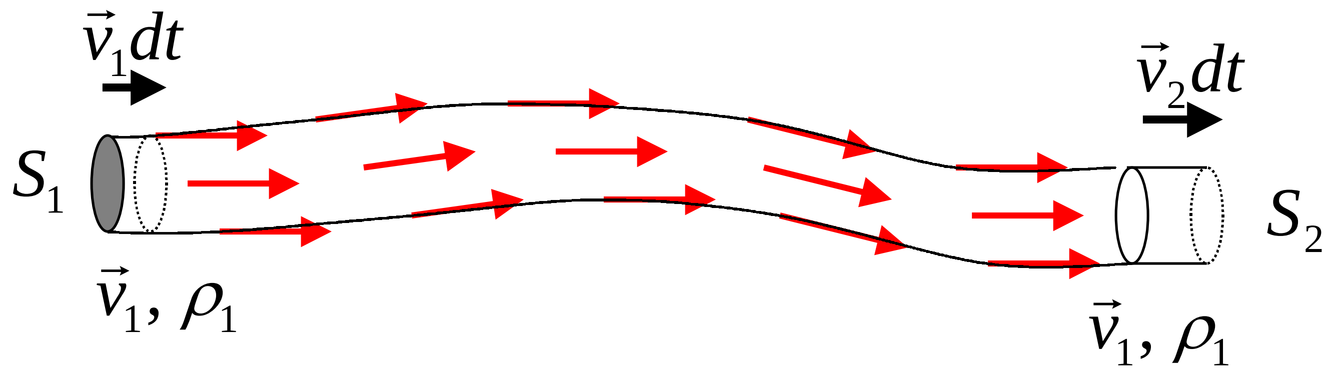
  - Caso "stazionario": $\vec{v} = \vec{v}(x, y, z)$
- ***"Linee di flusso"***
  - Se il flusso è "laminare": linee tangenti in ogni punto al vettore velocità
  - Coincidono con le traiettorie degli elementi di fluido solo nel caso stazionario
- ***"Tubo di flusso"***



  - Definito dalle linee di flusso passanti per il bordo di una sup. S (sezione)

Dinamica - 2

- ***Equazione di continuita` nel caso stazionario***
  - In generale: $\vec{v} = \vec{v}(x,y,z;t) \quad p = p(x,y,z;t) \quad \rho = \rho(x,y,z;t)$
  - Flusso stazionario: $\vec{v} = \vec{v}(x,y,z) \quad p = p(x,y,z) \quad \rho = \rho(x,y,z)$



  - "Portata" (in massa) costante $\quad \rho_1 S_1 v_1 dt = \rho_2 S_2 v_2 dt$
  - "Portata" (in volume) costante $\quad \rho_1 = \rho_2 \quad \Rightarrow \quad S_1 v_1 = S_2 v_2$

Dinamica - 3

- ***Teorema di Bernoulli (conservazione energia meccanica)***
  - Per un "fluido ideale":
    - Non comprimibile (ρ = cost.)
    - Non viscoso (attriti interni trascurabili)
    - Moto stazionario e laminare ("irrotazionale", senza vortici)
  - In diverse sezioni dello stesso tubo di flusso, a quote variabili z, sotto l'azione della forza di gravita` :

$$p_1 + \rho g z_1 + \frac{1}{2}\rho {v_1}^2 = p_2 + \rho g z_2 + \frac{1}{2}\rho {v_2}^2 = \text{cost.}$$

Energia potenziale
Per unita` di volume

Energia cinetica
Per unita` di volume

  - Osservazioni:
    - A parita` di quota, se il tubo si restringe la velocita` aumenta e quindi la pressione diminuisce
    - Omogeneita` dimensionale: $[p] = [\rho g z] = \left[\frac{1}{2}\rho v^2\right]$

Dinamica - 4

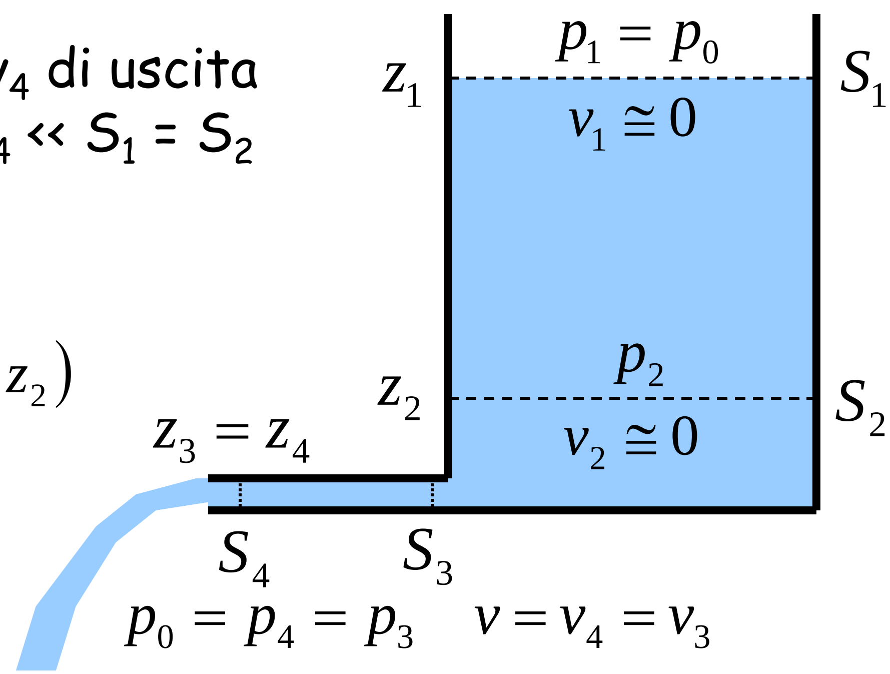
- ***Teorema di Bernoulli (applicazioni)***
  - Dimostrazione (*alla lavagna*): vedi testo
  - Strumenti per la misura della velocita` di un fluido (*alla lavagna*):
    - Tubo di Venturi
    - Tubo di Pitot
  - Un altro esempio: velocita` $v = v_3 = v_4$ di uscita dell'acqua da una cisterna, se $S_3 = S_4 \ll S_1 = S_2$

$$v_1 = v_2 = \frac{S_4}{S_1} v << v \quad \Rightarrow \quad v_1 = v_2 \cong 0$$

$$p_1 + \rho g z_1 = p_2 + \rho g z_2 \quad \Rightarrow \quad p_2 = p_0 + \rho g \left(z_1 - z_2 \right)$$

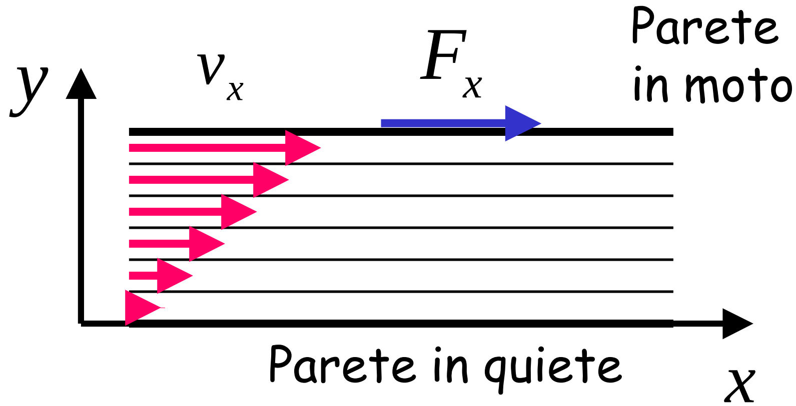
$$\cancel{p_4} + \rho g z_4 + \frac{1}{2} \rho v^2 = \cancel{p_1} + \rho g z_1$$

$$v = \sqrt{2g\left(z_1 - z_4 \right)}$$



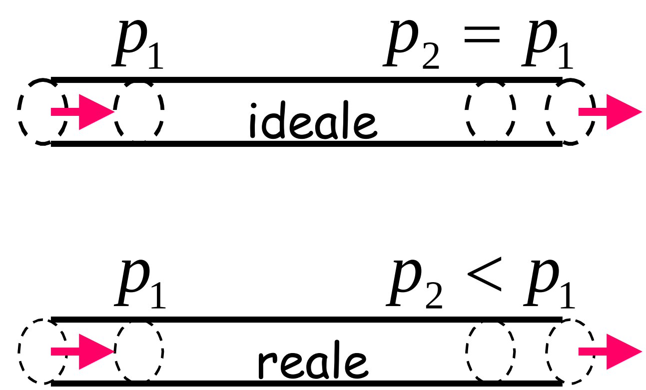
Fluidi reali - 1

- *Viscosità (attriti interni)*
  - Coefficiente di viscosità η:
  - Tra strati contigui (lamine piane) di fluido si manifestano forze d'attrito
  - per mantenere il moto, bisogna applicare tangenzialmente una forza F_x proporzionale alla superficie S di contatto e al "gradiente" di velocita\` :



$$F_x = \eta \frac{dv_x}{dy} S \qquad \text{S.I.:} \quad [\eta] = [m\, l^{-1} t^{-1}] \qquad 1 Pa \bullet s = 10\, poise$$

- *Conseguenze:*
  - p.es. caduta di pressione Δp ("perdita di carico") lungo un tubo di flusso orizzontale a sezione costante: in presenza di attriti, Δp e\` necessaria a mantenere il movimento



Fluidi reali - 2

- ***Turbolenze***
  - Transizione da regime laminare a turbolento per il moto di un fluido, p.es.:
    - Relativamente ad un oggetto immerso nel fluido
    - In una conduttura cilindrica
  - Empiricamente: transizione governata dal coefficiente adimensionale "numero di Reynolds N_R", p.es.:
    - Conduttura cilindrica:
      - $N_R < 1000$: Flusso laminare
      - $1000 < N_R < 3000$: Flusso instabile
      - $N_R > 3000$: Flusso turbolento

Velocita` media

Densita`

Raggio

$$N_R = \frac{2\rho\bar{v}R}{\eta}$$

Viscosita`