

# **Dinamica dei fluidi**

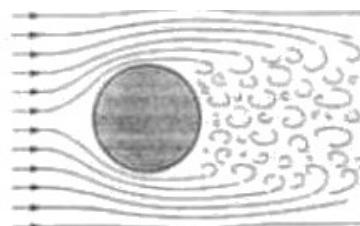
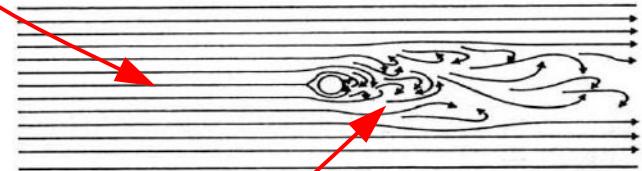
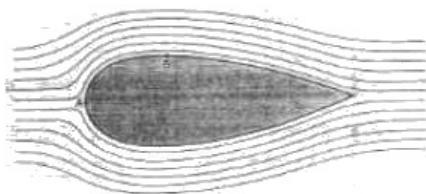
# Fluidi

---

- Fluidi in quiete ✓
- Fluidi in moto ←

# Fluido in moto

- Moto laminare
  - strati di fluido in *moto parallelo* **senza intersecarsi**  
» ogni particella che passa in un particolare punto si muove lungo la **stessa traiettoria** seguita dalla particella passata in precedenza
- Moto turbolento
  - moto irregolare del fluido, gli strati di fluido **si intersecano**, c'è *dissipazione di energia*



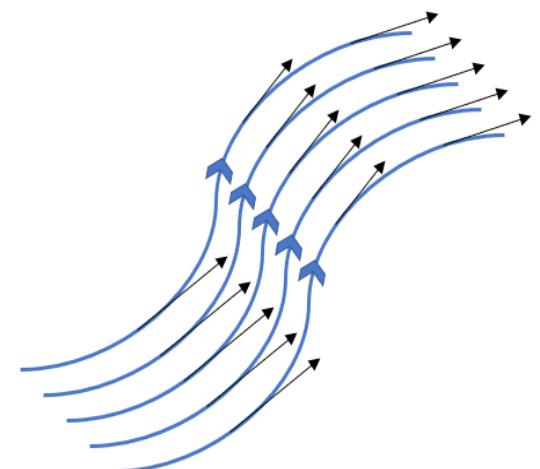
# Flusso stazionario

---

- Flusso *stazionario*: in ogni punto la velocità è costante nel tempo

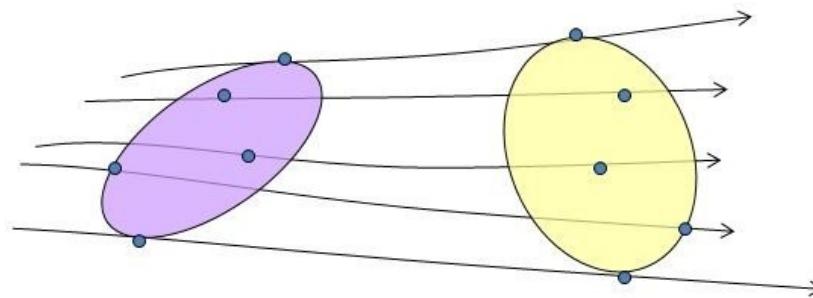
$$\mathbf{v} = \mathbf{v}(x, y, z) \Rightarrow \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} = \mathbf{0}$$

- Le particelle di fluido si muovono **parallelamente**
- **Linea di flusso**: traiettoria seguita da ciascuna particella del fluido
  - in ogni punto è **tangente** al vettore velocità in quel punto
  - se il moto è **laminare** le linee di flusso sono **fisse** e **non** si intersecano



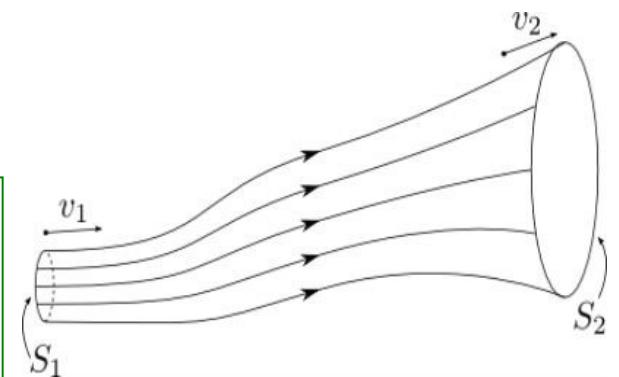
# Tubo di flusso

- **Tubo di flusso:** porzione ideale di fluido
  - insieme di linee di flusso



- Linee non si **intersecano** → particelle non possono *entrare o uscire*
  - quantità di fluido nel tubo = cost

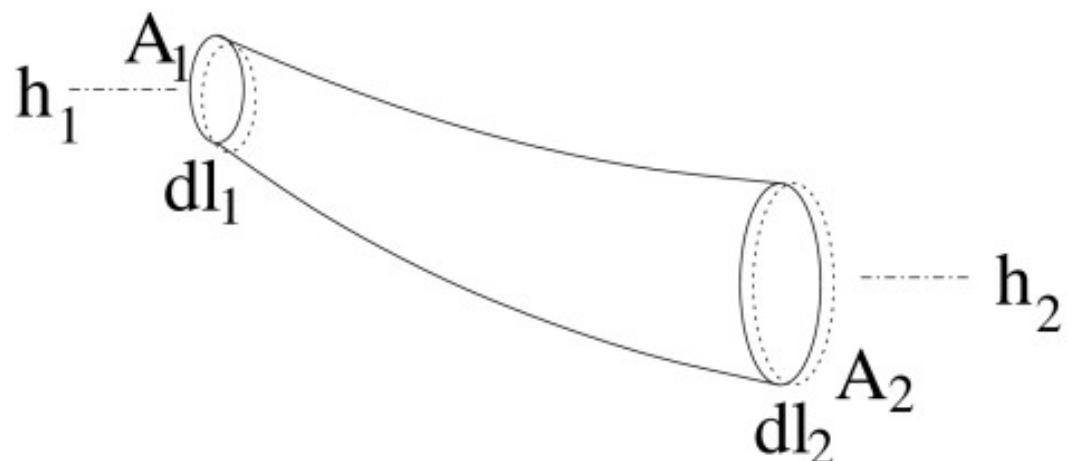
La quantità di fluido che attraversa  $S_1$ , deve attraversare anche  $S_2$



# Teorema di Bernoulli

---

- Liquido ideale in moto laminare stazionario
- Si consideri un tubo di flusso



- Dopo un tempo  $dt$ : la superficie  $A_1$  si è spostata di  $dl_1$ , la superficie  $A_2$  di  $dl_2$

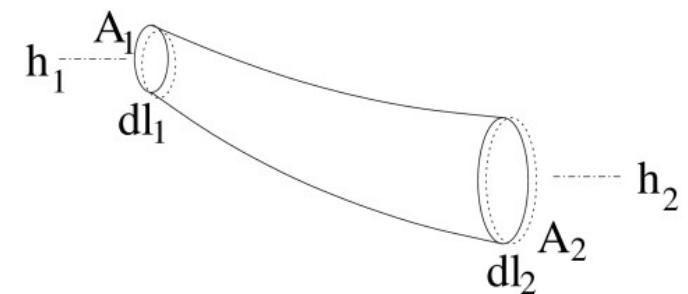
# Teorema di Bernoulli

- Conservazione dell'energia meccanica
  - variazione dell'energia cinetica = lavoro + variazione dell'energia potenziale

$$dK = dL_p + dV$$

- Lavoro delle forze di pressione

$$dL_p = F_1 dl_1 + F_2 dl_2 = p_1 A_1 dl_1 - p_2 A_2 dl_2$$



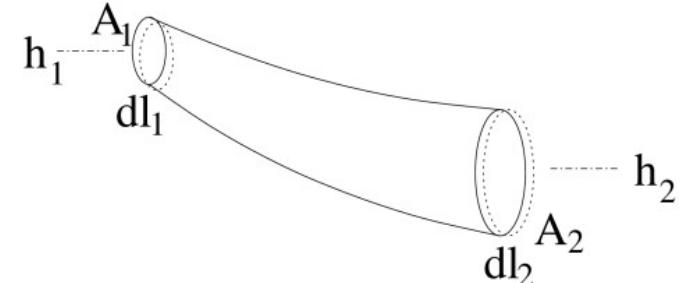
$dl_2$  ha verso opposto a  $F_2$

# Teorema di Bernoulli

- Variazione dell'energia potenziale

$$dV = dm_1 gh_1 - dm_2 gh_2 =$$

$$= \rho dV_1 gh_1 - \rho dV_2 gh_2 = \rho g h_1 A_1 dl_1 - \rho g h_2 A_2 dl_2$$



- Variazione dell'energia cinetica

$$dK = \frac{1}{2} dm_2 v_2^2 - \frac{1}{2} dm_1 v_1^2 =$$

$$= \frac{1}{2} \rho dV_2 v_2^2 - \frac{1}{2} \rho dV_1 v_1^2 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 A_2 dl_2 - \frac{1}{2} \rho v_1^2 A_1 dl_1$$

# Teorema di Bernoulli

---

- Conservazione dell'energia meccanica

$$dK = dL_p + dV \quad \downarrow$$

$$\frac{1}{2} \rho v_2^2 A_2 dl_2 + p_2 A_2 dl_2 + \rho g h_2 A_2 dl_2 = \frac{1}{2} \rho v_1^2 A_1 dl_1 + p_1 A_1 dl_1 + \rho g h_1 A_1 dl_1$$

- Liquido è incompressibile  $\Rightarrow A_1 dl_1 = A_2 dl_2 = dVol$

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

# Teorema di Bernoulli

---

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



$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p + \rho g h = \text{cost}$$



**Teorema di Bernoulli**

- Vale per i **liquidi ideali**
  - con una certa approssimazione per tutti i **fluidi ideali**

# Teorema di Bernoulli

---

- Teorema **fondamentale**
  - contiene in sé tutti gli altri teoremi/leggi
- Es: liquido **in quiete**  $\rightarrow v_1 = v_2 = 0$

$$p + \rho g h = p_0 \Rightarrow p = p_0 - \rho g h$$

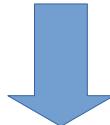
che è la legge di Stevino ( $h$  qui negativo)

# Velocità e pressione

---

- Per un condotto orizzontale:  $h_1 = h_2$

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + p = \text{cost}$$



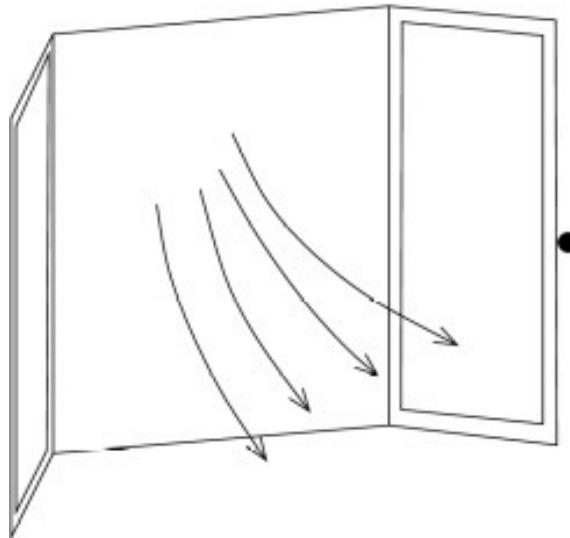
Velocità maggiore  $\rightarrow$  pressione minore

- Vale per i liquidi
  - e con una certa approssimazione anche i gas

# Finestra che sbatte

---

- Finestra aperta: l'aria “spinge” sui vetri

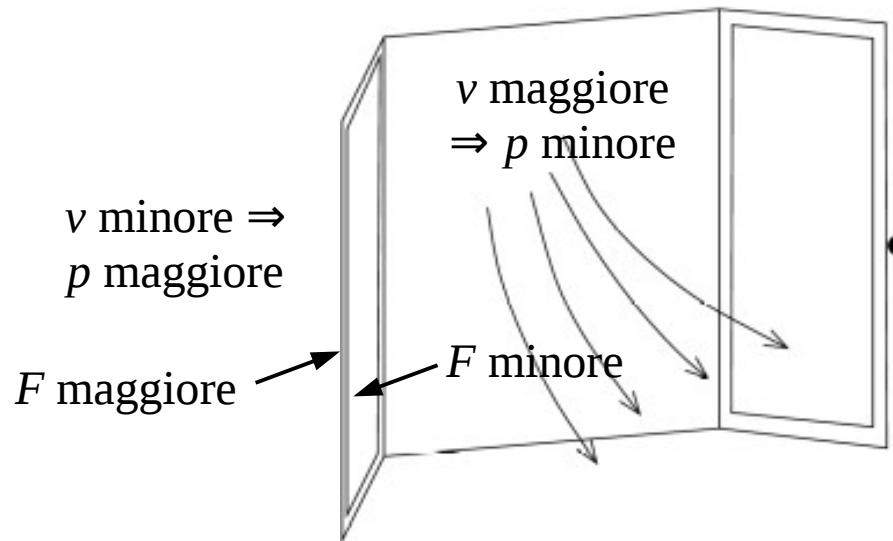


- Perchè sbatte invece di rimanere aperta ?

# Finestra che sbatte

---

- Per il teorema di Bernoulli



# Aerei in volo

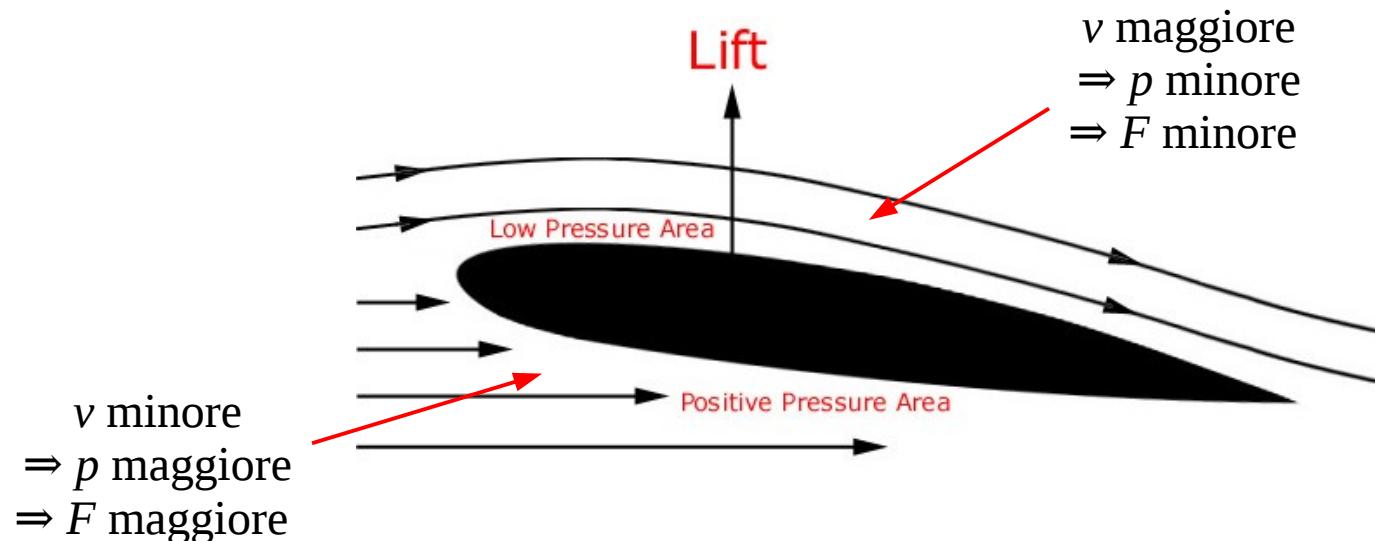
---

- Cosa sostiene gli aerei in volo ?



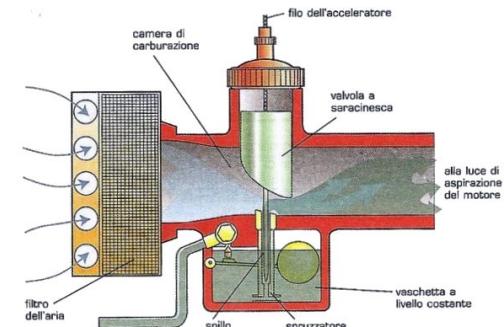
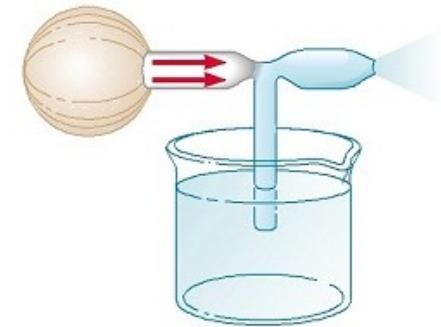
# Aerei in volo

- Schema del profilo di un'ala



# Nebulizzatore

- Schiacciando la pompetta, l'aria viene forzata nel tubo
- Nella strozzatura del tubo **aumenta la velocità** e quindi **diminuisce la pressione** rispetto alla pressione atmosferica
- Il liquido contenuto nel recipiente viene quindi aspirato nel tubo verticale, entra nel flusso d'aria e fuoriesce dal beccuccio del nebulizzatore
- Su un principio analogo si basano i carburatori dei motori a benzina



# Film western

---

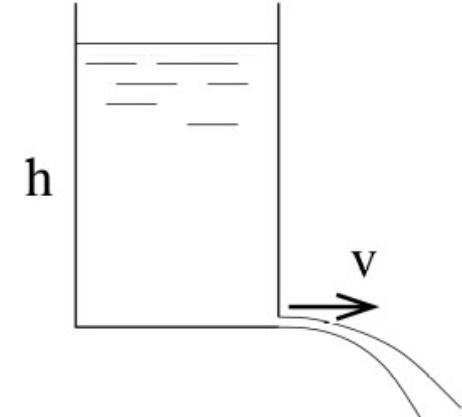


# Teorema di Torricelli

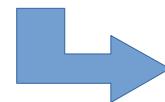
- Recipiente riempito di liquido fino a  $h$
- Da Bernoulli:  $p_1 = p_2$



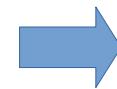
$$\frac{1}{2}\rho v^2 = \frac{1}{2}\rho v_0^2 + \rho g h$$



- Foro piccolo  $\rightarrow v_0 \approx 0$



$$\frac{1}{2}\rho v^2 = \rho g h$$



Teorema di Torricelli

$$v = \sqrt{2gh}$$

- la stessa velocità di un corpo che cade da  $h$

# Portata

- Dato un tubo di flusso di sezione  $S$  in cui scorre un fluido di densità  $\rho$  e velocità  $v$

$$Q = \frac{dm}{dt} = \frac{\rho dV}{dt} = \frac{\rho S dl}{dt} = \frac{\rho S v dt}{dt} = \rho S v$$



portata

- Dato che la massa si conserva

$$Q = \rho S v = \text{cost}$$

Legge di Leonardo

- per un liquido  $\rho = \text{cost} \Rightarrow S v = \text{cost}$
- es: strozzatura del flusso

