

# Meccanica dei fluidi

## idrostatica

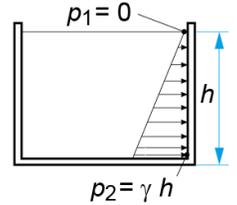
parte dell'idraulica che studia il comportamento dei liquidi in quiete

- **massa volumica:**  $\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$  per un corpo di massa  $m$  e volume  $V$ ;
- **densità:**  $\delta = \frac{\rho}{\delta_0}$  con:  $\delta_0$  = densità di riferimento (acqua);
- **peso specifico (volumico):**  $\gamma = \frac{F_p}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \right]$

## pressione idrostatica

pressione esercitata da un liquido in quiete in direzione perpendicolare al fondo e alle pareti del serbatoio che lo contiene.  
**Legge di Stevino:** la pressione di un liquido in quiete, in un punto a profondità  $h$  (altezza piezometrica) dalla superficie libera, è pari al prodotto del suo peso specifico per la profondità:

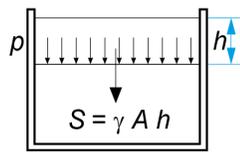
$$p = \gamma \cdot h = \rho \cdot g \cdot h \quad [\text{Pa}]$$



## spinta idrostatica

forza  $S$  esercitata da un liquido su una superficie  $A$ :

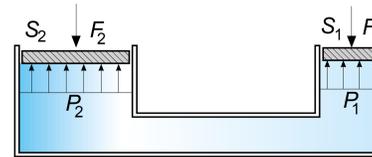
$$S = \gamma \cdot h \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot A \quad [\text{N}]$$



## principio di Pascal

La pressione esercitata dall'esterno su una massa fluida si trasmette in uguale misura all'interno del liquido.

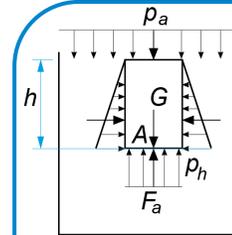
$$\text{se } \frac{S_2}{S_1} > 1 \rightarrow F_2 > F_1;$$
$$\text{se } \frac{S_2}{S_1} < 1 \rightarrow F_2 < F_1$$



## principio di Archimede

Un corpo immerso in un liquido riceve una spinta idrostatica dal basso verso l'alto pari al peso del volume del liquido spostato.

Il prisma di figura, di volume  $V = A \cdot h$ , riceve una spinta idrostatica:  $F_a = \rho \cdot g \cdot V$



Se  $V_s$   $\rho_s$  sono volume e densità del liquido, il corpo galleggia quando:

$$F_a = \rho_s \cdot g \cdot V_s \leq P \quad (\text{peso del corpo})$$

## idrodinamica

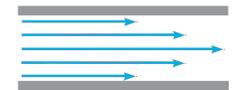
parte dell'idraulica che studia il moto dei liquidi

### portate

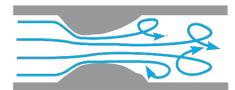
- **portata volumetrica:**  $Q = A \cdot v \quad [\text{m}^3/\text{s}]$   
volume di liquido che passa con velocità  $v$  attraverso la sezione  $A$  nell'unità di tempo;
- **portata massica:**  $Q_m = Q \cdot \rho \quad [\text{kg}/\text{s}]$   
quantità di massa del liquido che passa attraverso la sezione  $A$  nell'unità di tempo

### moti

**moto laminare:** si ha a bassa velocità, quando i filetti liquidi si muovono tutti parallelamente seguendo la direzione della tubazione



**moto turbolento:** si ha ad alta velocità, quando i filetti liquidi si muovono in modo disordinato, con traiettorie che si sovrappongono



### Numero di Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta}$$

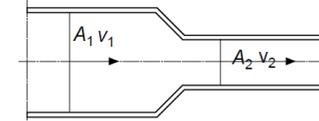
$\rho$ : massa volumica del liquido (kg/m<sup>3</sup>);  
 $v$ : velocità media del liquido (m/s);  
 $D$ : diametro tubazione (m);  
 $\eta$ : viscosità del liquido (N·s/m<sup>2</sup>)

$Re < 2500$  moto laminare;  $Re > 5000$  moto turbolento;  $2500 < Re < 5000$  moto instabile

- **moto permanente**: velocità e pressione del liquido sono costanti nel tempo in una sezione;
- **moto uniforme**: velocità e pressione del liquido sono costanti nel tempo in ogni sezione;
- **moto variabile**: velocità e pressione variano da sezione a sezione e anche nei punti di una sezione

### Equazione di continuità

Per un liquido ideale incomprimibile in moto permanente in una condotta con sezione variabile, la portata in due sezioni diverse è la stessa:  
 $Q = A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$ , con  $v_1$  e  $v_2$  velocità medie nelle rispettive sezioni.



$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

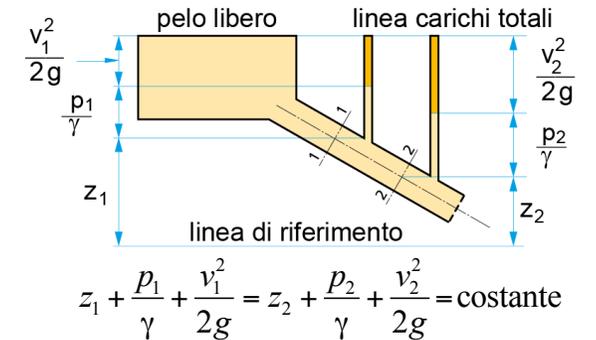
### Teorema di Bernoulli

Una massa  $m$  d'acqua, di peso  $G = m \cdot g$ , che, sottoposta a una pressione  $p$ , attraversa con velocità  $v$  una sezione di un condotto avente baricentro a un'altezza  $z$  (altezza geodetica) da un piano di riferimento, possiede un'energia  $E$  sotto tre forme:  $E_1 + E_2 + E_3$  (potenziale, di pressione, cinetica):  $E = G \cdot \left( z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \right)$

**energia potenziale:**  $E_1 = m \cdot g \cdot z = G \cdot z$  con:  $z$  = altezza geodetica;

**energia di pressione:**  $E_2 = G \cdot \frac{p}{\gamma}$  con:  $p/\gamma$  = altezza piezometrica;

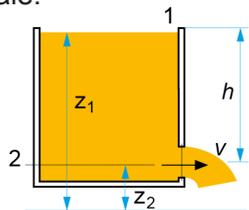
**energia cinetica:**  $E_3 = m \cdot \frac{v^2}{2} = G \cdot \frac{v^2}{2g}$  con:  $v^2/2g$  = altezza cinetica



### Formula di Torricelli

deriva dal teorema di Bernoulli e afferma che la velocità di un fluido in uscita da un foro vale:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$



### Perdite di carico

definiscono la perdita di energia tra le sezioni 1 e 2 con liquidi reali. Si esprimono come metri di colonna d'acqua;

- **distribuite**: perdita di energia per attrito esterno con le pareti della condotta e per attrito interno, per lo scorrimento tra le vene liquide:

$$p_d = \frac{\beta \cdot Q^2 \cdot L}{D^5} \text{ [m]} \quad Q: \text{portata volumetrica}; D: \text{diametro tubazione}; L: \text{lunghezza tubazione}; \beta = 0,00164 + 0,000042/D$$

- **localizzate**: dissipazione di energia nei punti singolari della condotta (rapidi allargamenti o restringimenti della sezione liquida, brusche deviazioni, presenza di componenti regolatori del flusso):

$$p_l = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \text{ [m]} \quad \zeta \text{ dipende dal tipo di discontinuità}$$

## Pompe idrauliche

Macchine operatrici idrauliche che utilizzano il lavoro meccanico di un motore per aumentare l'energia del liquido.

- **alternative**: un pistone che scorre con moto alternato dentro una camera con valvole per aspirazione e spinta del liquido;
- **rotative**: una girante alettata che, fatta ruotare da un motore, cede energia al liquido

### Prevalenze

#### • prevalenza manometrica $H_m$

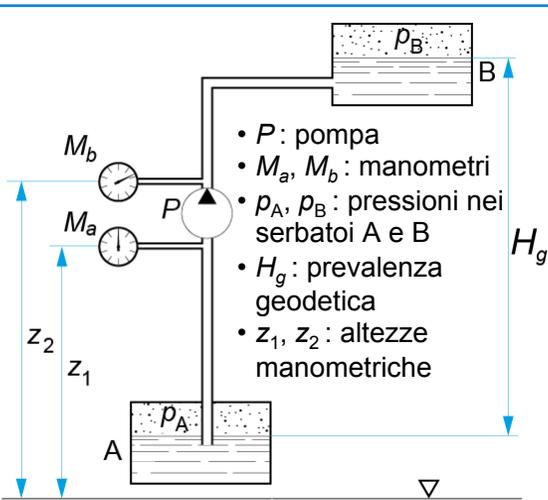
altezza totale che il liquido deve superare

$$H_m = H_g + \frac{p_b - p_a}{\gamma} + \sum \text{perdite tubazioni}$$

#### • prevalenza totale $H_t$

$$H_t = H_m + p_p$$

con  $p_p$  somma delle perdite all'interno della pompa



### Rendimenti

• **rendimento idraulico**:  $\eta_{idr} = \frac{H_m}{H_t}$

• **rendimento volumetrico**:  $\eta_{vol} = \frac{Q_b}{Q_a}$

$Q_b$ : portata di mandata;  
 $Q_a$ : portata di aspirazione

• **rendimento meccanico**:  $\eta_{mecc} = \frac{P_u}{P_d}$

• **rendimento totale**:  
 $\eta_{tot} = \eta_{idr} \cdot \eta_{vol} \cdot \eta_{mecc} \quad (0,75 \div 0,85)$

### Potenze

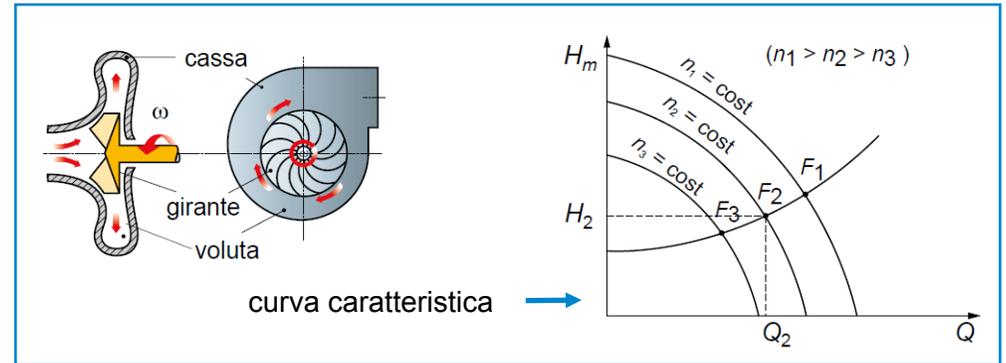
• **potenza utile**:  $P_u = \gamma \cdot Q \cdot H_m$  [W]

• **potenza assorbita**:  $P_a = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_m}{\eta_{tot}}$  [W]

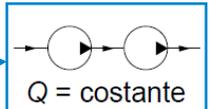
per sollevare una portata  $Q$  d'acqua a una prevalenza manometrica  $H_m$

### Pompe centrifughe

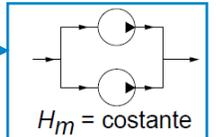
macchine costituite da una **cassa** fissa, con forma a spirale, e da una **girante** mobile, dotata di pale radiali



**Pompe in serie**: la portata rimane quella della singola pompa; la prevalenza totale equivale alla somma delle singole prevalenze



**Pompe in parallelo**: elaborano ciascuna una portata di liquido fino a una data prevalenza, pertanto le portate si sommano



### Circolatori

pompe centrifughe impiegate negli impianti di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria

