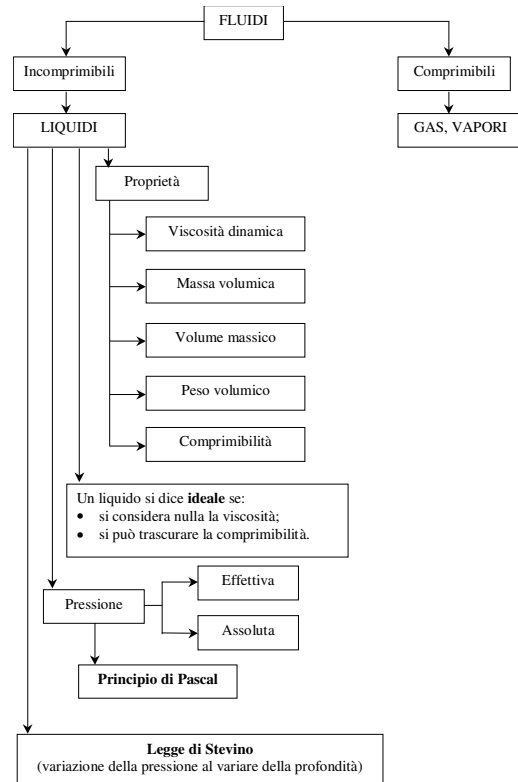


IDROSTATICA

- Caratteristiche stato liquido (descr.)
- Massa volumica (def. + formula)
unità di misura
- Volume massico (def. + formula)
unità di misura
- Peso volumico (def. + formula)
unità di misura
- Legame massa volumica - peso volumico (dim. + formula)
- Pressione (def.)
unità di misura
multipli: bar e atm (calcolo)
pressione relativa o effettiva (def.)
pressione assoluta (def.)
legame tra pressione assoluta e relativa (formula)
- Legge di Stevino (enunciato + dimostr.+ formula)
- Distribuzione delle pressioni nei serbatoi (appl.)
- Spinta e centro di spinta (def. + calcolo)
- Principio dei vasi comunicanti (enunciato)
- Principio di Pascal (enunciato)
torchio idraulico (appl.)
- Principio di Archimede (enunciato)
spinta (calcolo)
- Strumenti per la misura della pressione
manometro ad U (descr.)
principio di funzionamento (descr.)
campo di applicazione (descr.)
manometro a molla (descr.)
principio di funzionamento (descr.)
campo di applicazione (descr.)
- Energia di un fluido in quiete
Energia di pressione per unità di peso
Energia potenziale per unità di peso
Conservazione dell'energia



ENUNCIATI PRINCIPI DELL'IDROSTATICA

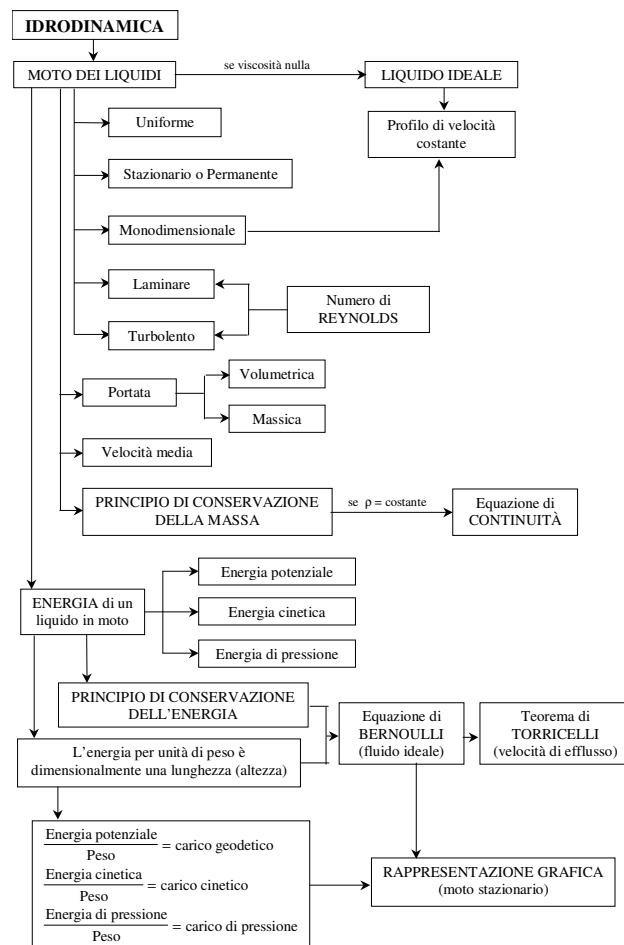
Principio di pascal: la pressione esercitata in un punto qualsiasi di una massa liquida in quiete, si trasmette con la stessa intensità in ogni punto del liquido e in ogni direzione.

Principio dei vasi comunicanti: un liquido in quiete contenuto in diversi recipienti, fra loro comunicanti, raggiunge, in tutti, lo stesso livello, indipendentemente dalla profondità e dalla forma di questi.

Principio di Archimede: un corpo immerso in un fluido in quiete, riceve da questo una spinta, diretta dal basso verso l'alto, la cui intensità è uguale al peso del volume di fluido spostato; quando il corpo galleggia, esso sposta il volume di fluido di peso sufficiente a bilanciare esattamente il peso del corpo.

IDRODINAMICA

- Liquido perfetto (def.)
continuità ed omogeneità (propr.)
incomprimibilità (propr.)
fluidità perfetta (propr.)
- Regimi di moto
moto di regime variabile (def.)
uniforme, non uniforme (def.)
moto di regime permanente o stazionario (def.)
uniforme, non uniforme (def.)
moto monodimensionale (def.)
- Viscosità dinamica
- Numero di Reynolds
moto laminare o di Poiseuille (def.)
moto turbolento o idraulico (def.)
- Portata
volumetrica (def.)
unità di misura
massica (def.)
unità di misura
ponderale (def.)
unità di misura
- Equazione di continuità (enunciato + formula)
conseguenza fondamentale (formula)
- Forme di energia per i liquidi
energia di pressione (formula)
energia di potenziale (formula)
energia cinetica (formula)
unità di misura
- Teorema di Bernoulli (enunciato + formula)
applicazioni
condotta in pendenza a sezione costante (appl.)
condotto convergente orizzontale (appl.)
condotto divergente orizzontale (appl.)
rappresentazione grafica (appl.)
- Teorema di Torricelli (enunciato + formula)
applicazioni (calcolo)
- Strumenti di misura
della portata: *venturimetro*
della velocità: *tubo di Pitot*

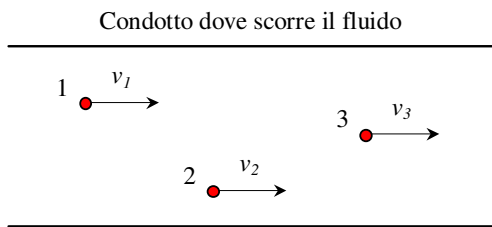


L'IDRODINAMICA è quella parte della meccanica dei fluidi che studia le leggi che regolano il moto dei fluidi. Per essi valgono le leggi della dinamica già studiati nella meccanica dei corpi solidi e, in particolare il primo, il secondo e il terzo principio della dinamica.

Al solito, non considereremo il fluido reale, ma un fluido che ha particolari caratteristiche, già viste nello studio dell'idrostatica, chiamato **fluido ideale** o **perfetto**.

Il movimento dei punti di un fluido può variare da punto a punto e da istante a istante. Vediamo quali sono i tipi di moto che può assumere un fluido considerandolo mentre scorre all'interno di un condotto.

❖ *Moto uniforme*

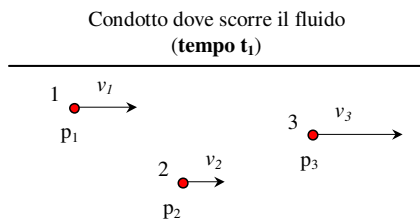


In ciascun punto del fluido, (in figura sono rappresentati tre punti) la velocità si mantiene costante in intensità, direzione, verso, anche col passare del tempo.

$$v_1 = v_2 = v_3 \quad \text{sempre, in qualsiasi istante}$$

Se tali condizioni non si verificano, cioè la velocità in un dato istante varia da punto a punto, il moto si dice **non uniforme**.

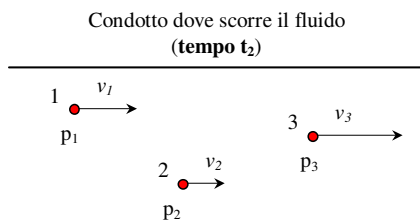
❖ *Moto stazionario o permanente*



In ciascun punto del fluido, i valori della velocità e della pressione possono essere diversi, ma rimangono costanti, per ciascun punto, col passare del tempo.

$$v_1 \neq v_2 \neq v_3$$

$$p_1 \neq p_2 \neq p_3$$



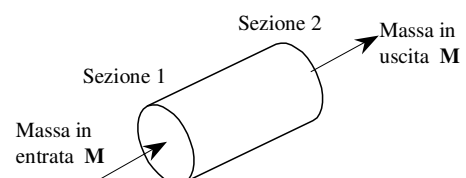
Ma nel punto **1** la velocità sarà sempre v_1 e la pressione p_1 ;
nel punto **2** la velocità sarà sempre v_2 e la pressione p_2 ;
nel punto **3** la velocità sarà sempre v_3 e la pressione p_3 ;

Se tali condizioni non si verificano, cioè le condizioni di moto cambiano al variare del tempo, il moto si dice **non stazionario**.

Quando il moto è stazionario, la massa di fluido che si trova tra due sezioni qualsiasi del condotto rimane costante.

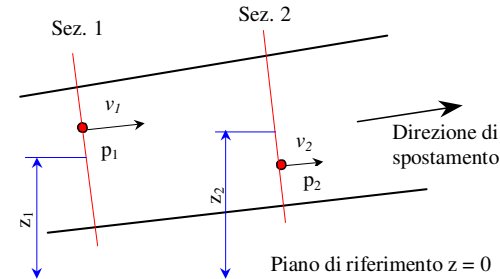
Ciò vuol dire che se la massa di fluido **M** entra dalla sezione **1** la stessa massa **M** deve uscire dalla sezione **2**.

IL moto stazionario può essere uniforme o non uniforme.



❖ Moto monodimensionale o unidimensionale

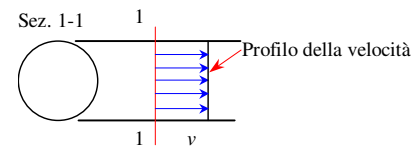
Il moto di un fluido si dice MONODIMENSIONALE quando *velocità, pressione e quota* (dislivello rispetto a un piano di riferimento) variano soltanto lungo la direzione di spostamento del fluido e non da punto a punto di una data sezione trasversale; per sezione trasversale s'intende la sezione del condotto perpendicolare alla direzione di spostamento. Ciò vuol dire considerare tutte le proprietà del fluido (velocità, pressione, quota) uniformi su una data sezione trasversale.



In qualsiasi punto della sezione 1 si considerano costanti i valori di v , p , z , assumendo per questi i valori medi

Analogamente nella sezione 2 e così per qualsiasi altra sezione.

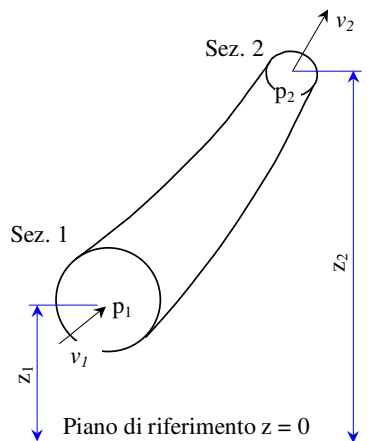
Quando il moto è considerato monodimensionale, la velocità del fluido è diretta perpendicolarmente alla sezione e ha il **profilo costante**.



Quando sono contemporaneamente soddisfatte le condizioni di moto stazionario e moto monodimensionale il tipo di moto si chiama STAZIONARIO MONODIMENSIONALE.

❖ Moto stazionario monodimensionale

È il moto caratteristico che si assume per lo studio della macchine a fluido. Infatti, a parte un periodo iniziale *transitorio*, solitamente molto breve, caratterizzato da una sensibile variazione delle grandezze, in funzione del tempo, segue un periodo di *regime* (funzionamento abituale della macchina), in cui le principali grandezze che individuano il moto del fluido si mantengono stabili. Inoltre il moto si può considerare monodimensionale, perchè rappresentativo di quanto avviene nel condotto della macchina.



In qualsiasi sezione perpendicolare alla direzione di spostamento del fluido, i valori di v , p , z , costanti per tutti i punti della sezione, non variano al passare del tempo, pur potendo assumere valori diversi da sezione a sezione.

In generale

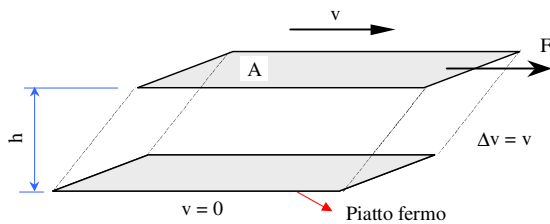
$$\begin{aligned} v_1 &\neq v_2 \\ p_1 &\neq p_2 \\ z_1 &\neq z_2 \end{aligned}$$

ma al passare del tempo, nella sezione 1 il valore della velocità sarà sempre v_1 , della pressione sempre p_1 , della quota sempre z_1 ; analogamente nella sezione 2: la velocità sarà sempre v_2 , la pressione sempre p_2 , la quota sempre z_2 , e così per tutte le altre sezioni.

❖ Viscosità dinamica

È l'attrito interno del fluido che ne ostacola lo scorrimento. Rappresenta la resistenza offerta dal fluido a sforzi tangenziali.

L'esperienza mostra che per fare scorrere con velocità v un piatto di area A rispetto a un piatto



fisso, ad esso parallelo, posto a distanza h , all'interno del quale c'è un fluido, occorre applicare una forza tangenziale che vale $F = \mu \cdot \frac{A \cdot \Delta v}{h}$ con μ = **viscosità dinamica** o coefficiente di viscosità.

Dall'analisi dimensionale si determina la sua unità

di misura $\mu = \frac{F \cdot h}{A \cdot \Delta v} \left(\frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^2 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \cdot \text{s} \right)$

La viscosità μ dipende dal tipo di fluido e per lo stesso fluido varia con la temperatura e la pressione. Per i liquidi diminuisce all'aumentare della temperatura e aumenta all'aumentare della pressione. *Per i fluidi ideali si considera nulla la viscosità dinamica.*

❖ Numero di Reynolds: moto laminare e moto turbolento

Nel moto di un fluido possono esistere due tipi di moto essenzialmente diversi, caratterizzati da un parametro adimensionale chiamato numero di Reynolds R

$$R = \frac{\rho \cdot L \cdot v}{\mu} \quad \text{con} \quad \begin{cases} \rho = \text{massa volumica} \\ L = \text{lunghezza caratteristica (diametro per condotti circolari)} \\ v = \text{velocità del fluido} \\ \mu = \text{viscosità del fluido} \end{cases}$$

Per bassi valori del numero di Reynolds ($R < 2100$) il moto è **laminare**, *con le particelle di fluido che si muovono in modo ordinato, per linee parallele*; per alti valori del numero di Reynolds ($R > 4000$) il moto è **turbolento**, *con continue fluttuazioni (piccole variazioni) nella intensità e nella direzione della velocità del fluido*.

Per valori compresi tra 2100 e 4000 il moto si dice di **transizione**: *moto di passaggio dal laminare al turbolento*.

I valori sopra riportati sono relativi a esperienze fatte utilizzando tubazioni a sezione circolare, assumendo come parametro geometrico caratteristico del sistema il diametro della tubazione

Esperienze di questo tipo furono fatte da O. Reynolds iniettando del colore all'ingresso di un tubo trasparente alimentato da un serbatoio. Egli vide che, per basse velocità, il sottile filamento di colore rimaneva praticamente intatto per tutta la lunghezza del tubo, mostrando così che le particelle d'acqua si muovevano per linee parallele; per velocità via via più alte, il filamento si rompeva e il colore si diffondeva nel volume: il liquido tendeva a colorarsi tutto, mostrando così che le particelle del fluido non si muovevano in modo ordinato, ma occupavano posizioni diverse nelle successive sezioni trasversali.

PERDITE DI CARICO NELLE CONDOTTE

(Distillazione verticale)

- Moto dei liquidi reali
 - viscosità (def.)
 - viscosità dinamica (formula)
 - unità di misura
 - viscosità cinematica (formula)
 - unità di misura
 - distribuzione della velocità (descr.)
 - numero di Reynolds (formula + utilizzo)
- Perdite di carico distribuite (def.)
 - unità di misura
 - formula di Darcy (appl.)
- Perdite di carico concentrate (def.)
 - unità di misura
 - brusco allargamento di sezione (appl.)
 - brusco restringimento di sezione (appl.)
 - condotto conico divergente (appl.)
 - condotto conico convergente (appl.)
 - deviazione in una condotta (appl.)
- Teorema di Bernoulli per i liquidi reali (enunciato + formula)
 - applicazioni (calcolo)
- Strumenti per la misura della portata
 - venturimetro (descr.)
 - principio di funzionamento (descr.)
 - campo di applicazione (descr.)

ESERCIZI PROPOSTI (da svolgere anche in gruppo)

Suggerimento: ogni gruppo può svolgere un diverso esercizio e poi vi scambiate il lavoro fatto da ogni gruppo

Una condotta rettilinea, a sezione costante, ha lunghezza 2000 m e pendenza verso l'alto del 2%.

Il suo diametro vale 0,3 m e convoglia una portata di 80 kg/s di olio ($\rho = 880 \text{ kg/m}^3$).

Un manometro posto nella sezione finale (quella più in alto) segna una pressione di 2 bar.

Calcolare

ASSUMENDO IL FLUIDO COME IDEALE

- ⇒ Ognuno dei termini del trinomio di Bernoulli nelle sezioni iniziale e finale.
- ⇒ Rappresentare la linea dei carichi totali e la linea piezometrica.

ASSUMENDO IL FLUIDO COME REALE

- ⇒ La perdita di carico nella condotta assumendo $\beta = 0,003$.
- ⇒ Ognuno dei termini del trinomio di Bernoulli nelle sezioni iniziale e finale.
- ⇒ La perdita di potenza.
- ⇒ Rappresentare la linea dei carichi effettivi e la linea piezometrica.

Sul fondo di un grande serbatoio è praticato un foro di diametro 20 cm. L'acqua in esso contenuta mantiene un livello costante di altezza 15 m. Calcolare

- ⇒ Il tempo teorico necessario per l'efflusso in atmosfera di 100 m^3 di acqua.

Una condotta, a sezione circolare, ad asse orizzontale, come in figura, convoglia una portata d'acqua di $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$. Nella sezione iniziale 1, un manometro segna una pressione di 2,5 bar.

Calcolare

- ⇒ La perdita di carico nella condotta assumendo $\beta = 0,002$.
- ⇒ La perdita di potenza.

