MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

CAPITOLO 1

L'idraulica è la scienza che studia l'equilibrio ed il movimento dei liquidi, in particolare dell'acqua.

Un SOLIDO ha forma propria ma si modifica con l'applicazione di forze. I solidi sono caratterizzati da una regolare disposizione delle molecole e da intense forze di attrazione tra loro.

Un FLUIDO non ha forma propria e se posto in un recipiente assume la forma del volume che lo contiene o di una sua parte. I fluidi hanno una struttura molecolare più disordinata. I fluidi possono essere suddivisi in:

- LIQUIDI → si distinguono per una forza di attrazioni molecolare non trascurabile. Essi hanno volume proprio ed è invariabile.
- GAS → caratterizzati da un legame tra le molecole molto debole. Pertanto il volume di un gas varia ed inoltre tendi ad occupare tutto il volume messo a disposizione.

Liquidi e gas si distinguono per la comprimibilità in quanto i liquidi sono poco comprimibili mentre i gas sono facilmente comprimibili.

Un fluido può essere schematizzato come un sistema continuo (solo se si considera un volume piccolissimo di fluido) all'interno del quale le proprietà variano con continuità nello spazio e nel tempo.

La DENSITA' ρ di un fluido è definita come la massa nell'unità di volume, cioè:

$$\rho = \frac{M}{V} \qquad \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

→ per un fluido omogeneo, il quale ha densità costante in ogni punto

$$\rho = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

→ per un fluido eterogeneo, il quale non ha densità costante in ogni punto ma solo in un determinato punto P

con ΔV = elemento di volume attorno a P di massa uguale a Δm

OSS.: la densità di un fluido misura la concentrazione di materia

Il PESO SPECIFICO γ di un fluido è il peso nell'unità di volume, cioè:

$$\gamma = \frac{P}{V} \qquad \left[\frac{N}{m^3}\right]$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Quindi, densità e peso specifico sono legati dalla seguente relazione:

$$\gamma = \rho g$$

con g = accelerazione di gravità

Densità e Peso Specifico sono grandezze scalari legate alla pressione p ed alla temperatura T da una una relazione detta EQUAZIONE DI STATO o CARATTERISTICA, cioè:

$$\rho, \gamma = f(p, T)$$

OSS.: Nella pratica, per i liquidi, la densità e il peso specifico dipendono solo dalla temperatura, cioè:

$$\rho, \gamma = f(T)$$

$$\text{Con } 0°C \leq T \leq 40°C \Rightarrow \rho, \gamma = \text{costanti}$$

OSS.: All'aumentare della temperatura, diminuisce la densità. Però, per l'acqua si ha un comportamento anomalo in quanto per una temperatura compresa tra 0°C e 4°C la densità aumenta per poi decrescere per una temperatura $> 4°C$

La COMPRIMIBILITÀ di un fluido rappresenta la proprietà di modificare il volume al variare della pressione agente.
Per un liquido, sia V il volume occupato da una certa quantità di massa e p la pressione agente sulla superficie di contorno del volume, se si applica un incremento di pressione dp allora si ha una diminuzione di volume dV proporzionale a dp ed al volume V, cioè:

$$dV = -\frac{V}{E}\,dp$$

con E = modulo di elasticità a compressione cubica o modulo di elasticità di volume espresso in $\frac{N}{m^2}$

OSS.: E ha unità di misura uguale a quella della pressione

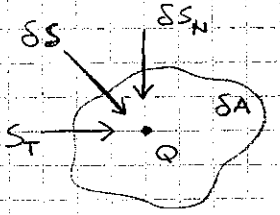
Il segno $-$ è dovuto al fatto che ad un aumento di pressione si ha una diminuzione di volume

Maggiore è il valore di E, minore è la comprimibilità del liquido

Per l'acqua $E = 2 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2}$ a pressione e temperatura normali

Si definisce PRESSIONE p in un determinato punto Q la componente normale della forza in Q, ovvero il rapporto tra la componente normale δS_N della forza e l'area medesima δA su cui essa agisce, cioè:

$$p = \lim_{\delta A \to 0} \frac{\delta S_N}{\delta A}$$



unità di misura della pressione è il Pascal:

$$1\ Pa = 1\ \frac{N}{m^2}$$

La pressione atmosferica è la pressione esercitata dall'atmosfera sul geoide:

$$p_{atm} = 101\,325\ [Pa]$$

La pressione relativa p_r è la pressione a cui si fa riferimento (nella pratica) all'eccesso o al difetto di pressione rispetto alla pressione atmosferica anziché fare riferimento alla pressione effettiva o assoluta p. Quindi:

$$p_r = p - p_{atm}$$

MASTER COPY Tel. 050 8312138 Cell. 328 8637740

Un GAS è un aeriforme caratterizzato da una temperatura critica, la quale è quella temperatura al di sopra della quale una sostanza non può esistere allo stato liquido ed è quella temperatura inferiore alla temperatura ambiente.

Il VAPORE è un aeriforme non caratterizzato da una temperatura critica.

La PRESSIONE DI VAPORE o TENSIONE DI VAPORE di una sostanza o di un liquido è la pressione del suo vapore quando si raggiunge l'equilibrio fra la fase liquida e la fase gassosa.

OSS: Per l'acqua a 100°C la pressione del vapore è quella atmosferica per cui si ha il passaggio di tutta la massa liquida allo stato di vapore.

Se, in un liquido in movimento, la pressione assoluta p diventa inferiore della pressione di vapore saturo p_v allora si ha l'EVAPORAZIONE. Quando il liquido contiene bolle di vapore al suo interno, si parla di CAVITAZIONE. A questo punto è possibile definire il numero di cavitazione:

$$\sigma_c = \frac{p - p_v}{\rho \frac{V^2}{2}}$$ (numero adimensionale)

dove V è la velocità di riferimento del liquido, cioè la velocità indisturbata a monte del punto di indagine.

La TENSIONE SUPERFICIALE o ENERGIA SUPERFICIALE S è la proprietà per cui la superficie di separazione fra un liquido e un altro fluido non miscibile con esso si comporta come se fosse una membrana elastica in stato di tensione. Essa è dovuta alla coesione, cioè alle forze di attrazione tra molecole di uno stesso liquido.
Se si suppone di tagliare la superficie per una lunghezza L, allora S sarebbe la forza F per unità di lunghezza necessaria per mantenere a contatto tra loro le due parti tagliate, cioè:

$$S = \frac{F}{L} \quad \left[\frac{N}{m}\right]$$

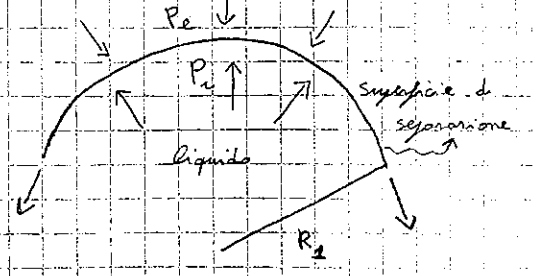
OSS: S dipende dalla temperatura. In particolare diminuisce al crescere della temperatura.

$$S\,(\text{acqua}) \cong 0{,}07 \frac{N}{m}$$

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9537745

Per una superficie di separazione di qualsiasi forma, il salto di pressione Δp è dato dalla formula di Laplace, cioè:

$$\Delta p = p_i - p_e = S\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$



Nel caso in cui la superficie di separazione è una sfera di raggio 2 si ha:

$$\Delta p = p_i - p_e = \frac{2S}{2}$$

con R_1, R_2 = raggi principali di curvatura locali della superficie di separazione nel generico punto

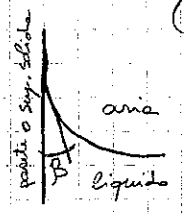
p_i = pressione interna agente sulla superficie di separazione

p_e = pressione esterna agente sulla superficie di separazione

S = tensione superficiale

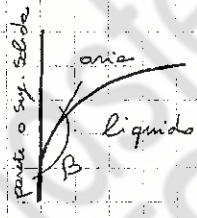
I FENOMENI DI CAPILLARITA' sono ad esempio la risalita di umidità nelle murature, la risalita delle acque di falda negli interstizi del terreno (quando la frangia capillare) o la risalita di un liquido all'interno di tubicini.
Quando un liquido viene a contatto con una superficie solida, oltre alle forze di coesione sono presenti anche quelle di adesione.
Se prevalgono le forze di adesione si forma una superficie concava verso l'alto (1) e si dice che il liquido bagna la parete.
Se prevalgono le forze di coesione si forma una superficie convessa verso l'alto (2) e si dice che il liquido non bagna la parete.

(1)



$\beta < 90°$

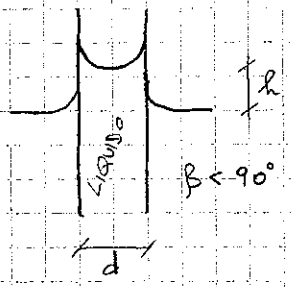
(2)



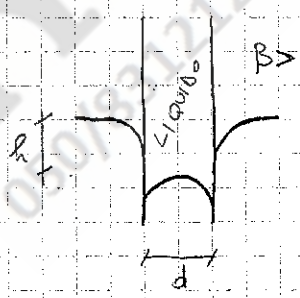
$\beta > 90°$

Questo comportamento, insieme alla legge di Laplace spiega il fenomeno della capillarità secondo il quale in un tubo molto sottile la superficie di separazione tra il liquido e l'aeriforme sovrastante si incurva e prende il nome di "menisco"; inoltre il livello si innalza rispetto al liquido circostante nel caso di liquido che bagna la parete (1) o si abbassa in caso contrario (2)

(1)



(2)



La tensione superficiale causa un salto di pressione Δp in corrispondenza del menisco che può essere valutato mediante la relazione di Laplace:

$$\gamma h = \Delta p \quad \text{(CAPILLARITA')}$$

OSS.: la differenza di pressione è dovuta all'innalzamento o all'abbassamento del liquido nel tubo

h è la risalita capillare misurata tra il vertice del menisco e la superficie libera del liquido circostante

γ è il peso specifico del liquido

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 8837745

Se si suppone che il menisco abbia la forma di una calotta sferica, allora:

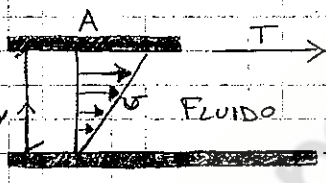
$$h = \frac{4S\cos\beta}{\gamma d}$$

Da questa formula si deduce la LEGGE DI BORELLI O DI JURIN, in base alla quale l'altezza h è inversamente proporzionale al diametro d del tubo.

OSS.: in un tubo di vetro, per l'acqua si ha: $hd = 30\ mm^2$

La VISCOSITÀ O ATTRITO INTERNO μ è definita come la tensione tangenziale che un fluido oppone allo scorrimento tra due strati di fluido. Essa è legata alla forza di coesione delle molecole.

Se si considera un fluido che scorre tra due piatti //, uno dei quali è in moto con velocità uniforme mentre l'altro è immobile, allora il fluido si muove, trascinato dal piatto in moto, con velocità di tipo lineare compresa tra il valore nullo in corrispondenza del piatto immobile ed il valore massimo in corrispondenza del piatto in moto.



la forza applicata al piatto in moto è:

$$T = \mu A \frac{\Delta v}{\Delta y}$$

con A = area della superficie a contatto con il fluido
Δv = differenza di velocità
Δy = distanza tra i due piatti
μ = coefficiente di viscosità dinamica o assoluto (espresso in $\frac{Ns}{m^2}$)

A questo punto è possibile lo SFORZO TANGENZIALE τ dato da:

$$\tau = \left(\frac{T}{A}\right) = \mu \left(\frac{\Delta v}{\Delta y}\right)$$

($\frac{T}{A}$ → sforzo di taglio; $\frac{\Delta v}{\Delta y}$ → gradiente del flusso di scorrimento)

Scrivendo τ in termini infinitesimi si ha: $\tau = \mu \frac{dv}{dy}$

che rappresenta la LEGGE DI NEWTON, che afferma che le componenti tangenziali dello sforzo in un punto di una massa fluida in moto, dipendono solo dal gradiente della velocità nel punto.

OSS.: la viscosità diminuisce all'aumentare della temperatura poiché la coesione diminuisce

La VISCOSITÀ CINEMATICA ν è data da:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

con μ = viscosità
ρ = densità

Tale viscosità è detta cinematica poiché le sue dimensioni sono espresse con grandezze cinematiche

I FLUIDI NEWTONIANI sono quei fluidi per i quali la viscosità è costante per dati valori di temperatura e pressione; inoltre seguono la legge di Newton

OSS.: L'acqua è un fluido newtoniano

MASTER COPY
Tel. 050 8342126
Cell. 388 9837745