UNITÀ DI MISURA E PROPRIETÀ MACROSCOPICHE DEI FLUIDI

L'IDRAULICA È LA SCIENZA CHE STUDIA L'EQUILIBRIO ED IL MOVIMENTO DEI LIQUIDI E IN PARTICOLARE DELL'ACQUA. LA MATERIA PUÒ ESSERE SUDDIVISA IN DUE CLASSI IN BASE ALLA RELAZIONE CHE ESSA HA CON L'AZIONE DELLE FORZE AD ESSA APPLICATE:

- SOLIDO = POSSIEDE UNA FORMA PROPRIA, CHE VIENE MODIFICATA DALL'APPLICAZIONE DI FORZE, MA LA DEFORMAZIONE IN GENERE È LIMITATA ED È REVERSIBILE ENTRO I LIMITI ELASTICI.
- FLUIDO = NON POSSIEDE FORMA PROPRIA E, SE POSTO IN UN RECIPIENTE, ASSUME LA FORMA DEL VOLUME CHE LO CONTIENE O DI UNA SUA PARTE. ESSO PRESENTA UN'ELEVATA MOBILITÀ INTERNA DELLE PARTICELLE CHE LO COMPONGONO, QUINDI PUÒ SUBIRE GRANDI DEFORMAZIONI SOTTO L'AZIONE DI FORZE DI MODESTA ENTITÀ. INOLTRE LA DEFORMAZIONE DI UN FLUIDO È PERMANENTE, CIOÈ NON VIENE RECUPERATA QUANDO VENGONO ANNULLATE LE FORZE CHE L'HANNO PRODOTTA.

MENTRE I SOLIDI SONO CARATTERIZZATI DA UNA DISPOSIZIONE DELLE MOLECOLE PIUTTOSTO REGOLARE E DA INTENSE FORZE D'ATTRAZIONE TRA LE STESSE, DIPENDENTI DALLA RIDOTTA DISTANZA MEDIA TRA LE PARTICELLE, I FLUIDI PRESENTANO UNA STRUTTURA MOLECOLARE PIÙ DISORDINATA, IN CUI LE MOLECOLE SONO MOLTO MOBILI COSÌ DA PERMETTERE LORO DI SCORRERE SOTTO L'AZIONE DI SFORZI ANCHE MINIMI.

I FLUIDI SI POSSONO A LORO VOLTA SUDDIVIDERE IN:

- LIQUIDI = SI DISTINGUONO PER UNA FORZA D'ATTRAZIONE MOLECOLARE NON TRASCURABILE, ANCHE SE MOLTO PIÙ DEBOLE DI QUELLA PRESENTE NEI SOLIDI, E QUINDI OPPONGONO GRANDE RESISTENZA ALLE VARIAZIONI DI VOLUME. ESSI POSSIEDONO UN VOLUME PROPRIO PRATICAMENTE INVARIABILE, ED A CONTATTO CON UN ALTRO FLUIDO PRESENTANO UNA SUPERFICIE DI SEPARAZIONE.
- GAS = SONO CARATTERIZZATI DA UN LEGAME TRA LE MOLECOLE MOLTO DEBOLE. PERTANTO IL VOLUME DI UN GAS VARIA ANCHE SOTTO L'AZIONE DI FORZE D'INTENSITÀ MODESTA. UN GAS POSTO IN UN RECIPIENTE TENDE AD OCCUPARE TUTTO IL VOLUME MESSO A DISPOSIZIONE.

IN DEFINITIVA CIÒ CHE DISTINGUE I LIQUIDI DAI GAS È LA COMPRIMIBILITÀ: I LIQUIDI SONO POCO COMPRIMIBILI MENTRE I GAS SONO FACILMENTE COMPRIMIBILI.

SCHEMATIZZAZIONE DEI FLUIDI COME MEZZI CONTINUI

IL FLUIDO È UN MEZZO COSTITUITO DA MOLECOLE IN MOVIMENTO A GRANDE DISTANZA TRA LORO RISPETTO ALLE LORO DIMENSIONI. ALL'INTERNO DI UN FLUIDO LA DENSITÀ, LA VELOCITÀ E LA PRESSIONE, VARIANO CON DISCONTINUITÀ NELLO SPAZIO PERCHÈ LE PROPRIETÀ DELLA MATERIA SONO CONCENTRATE NELLE SINGOLE MOLECOLE E QUINDI LE GRANDEZZE ASSUMONO VALORI DIVERSI A SECONDA DELLA PRESENZA O MENO DI UNA MOLECOLA NEL PUNTO CONSIDERATO. TUTTAVIA, SE SI CONSIDERA UN VOLUME PICCOLISSIMO DI FLUIDO, ESSO PUÒ ESSERE CONSIDERATO COME UN SISTEMA CONTINUO, ALL'INTERNO DEL QUALE LE PROPRIETÀ VARIANO CON CONTINUITÀ NELLO SPAZIO E NEL TEMPO.

LA DENSITÀ E IL PESO SPECIFICO

LA DENSITÀ "ρ" DI UN FLUIDO È DEFINITA COME LA MASSA NELL'UNITÀ DI VOLUME ED È,

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

QUESTA DEFINIZIONE È VALIDA PER UN FLUIDO OMOGENEO CHE PERTANTO HA DENSITÀ COSTANTE IN OGNI PUNTO. PER UN FLUIDO ETEROGENEO, SI DEFINISCE LA DENSITÀ DI UN PUNTO "P" COME

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

IN CUI "ΔV" È UN ELEMENTO DI VOLUME INTORNO AL PUNTO "P" DI MASSA PARI A "Δm". IL LIMITE DELL'EQUAZIONE PER "ΔV" TENDENTE A ZERO È DA INTERPRETARSI COME "ΔV" TENDENTE AD UN VALORE INFINITESIMO "ΔV_0" COMUNQUE MOLTO MAGGIORE DELL'ORDINE DI GRANDEZZA DELLE DISTANZE A LIVELLO MOLECOLARE. IN CASO CONTRARIO, LA DENSITÀ "ρ" VARIEREBBE BRUSCAMENTE IN QUANTO DIPENDENTE DALLA MASSA EFFETTIVA DELLE MOLECOLE ALL'INTERNO DEL VOLUME CONSIDERATO "ΔV". LA DENSITÀ DI UN FLUIDO MISURA QUINDI LA CONCENTRAZIONE DI GRAVITÀ.

IL PESO SPECIFICO "γ" DI UN FLUIDO È IL PESO NELL'UNITÀ DI VOLUME ED È,

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

SI HA QUINDI LA SEGUENTE RELAZIONE TRA LA DENSITÀ "ρ" ED IL PESO SPECIFICO "γ":

$$\gamma = \rho \cdot g$$

DOVE "g" È L'ACCELERAZIONE DI GRAVITÀ.

LA DENSITÀ "ρ" ED IL PESO SPECIFICO "γ" DI UN FLUIDO SONO GRANDEZZE SCALARI LEGATE ALLA PRESSIONE "p" ED ALLA TEMPERATURA "Θ" DA UNA RELAZIONE DETTA "EQUAZIONE CARATTERISTICA" O "EQUAZIONE DI STATO" DEL FLUIDO:

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

PER I LIQUIDI, NEL CAMPO DELLE APPLICAZIONI PRATICHE, LA DIPENDENZA DELLA DENSITÀ "ρ" DALLA PRESSIONE È TRASCURABILE, PER CUI SI CONSIDERA CHE LA DENSITÀ "ρ" (E IL PESO SPECIFICO "γ") DIPENDA SOLO DALLA TEMPERATURA "Θ". NEL CAMPO DI TEMPERATURE D'INTERESSE PRATICO ($0°C < \Theta < 40°C$) LA VARIAZIONE DI DENSITÀ CON LA TEMPERATURA È CONTENUTA, QUINDI, IN PRIMA APPROSSIMAZIONE SI POSSONO CONSIDERARE LA DENSITÀ E IL PESO SPECIFICO COSTANTI. AL CRESCERE DELLA TEMPERATURA, LA DENSITÀ IN GENERE DIMINUISCE. PER L'ACQUA SI HA UN COMPORTAMENTO ANOMALO IN QUANTO PER "$0°C < T < 4°C$" LA DENSITÀ AUMENTA PER POI DECRESCERE PER "$T > 4°C$".

LA COMPRIMIBILITÀ

TUTTE LE SOSTANZE SONO, IN DIVERSA MISURA, COMPRIMIBILI. LA COMPRIMIBILITÀ DI UN FLUIDO RAPPRESENTA LA PROPRIETÀ DI MODIFICARE IL VOLUME AL VARIARE DELLA PRESSIONE AGENTE. PER UN LIQUIDO, SIA "W" 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", SI OSSERVA CHE LA DIMINUZIONE DI VOLUME "dW" È PROPORZIONALE A "dp" E AL VOLUME "W", OVVERO

$$d\forall = -\frac{\forall}{\varepsilon} dp$$

DOVE "ε" È IL MODULO DI ELASTICITÀ A COMPRESSIONE CUBICA O MODULO DI ELASTICITÀ DI VOLUME ESPRESSO IN "N/m^2". QUINDI "ε" HA LE DIMENSIONI DI UNA PRESSIONE. IL SEGNO NEGATIVO È DOVUTO AL FATTO CHE AD UN AUMENTO DI PRESSIONE ($dp > 0$) CORRISPONDE UNA DIMINUZIONE DI VOLUME ($d\forall < 0$). QUANTO PIÙ IL LIQUIDO PRESENTA UN VALORE ELEVATO DI "ε", TANTO PIÙ ESSO SI OPPONE A VARIAZIONI DI VOLUME E QUINDI È MENO COMPRIMIBILE. IN GENERALE TUTTI I LIQUIDI HANNO VALORI DI "ε" ELEVATI E QUINDI RIDOTTA COMPRIMIBILITÀ.

ANCHE L'ARIA FINO A NUMERI DI MACH "$M < 0{,}1$" PUÒ ESSERE CONSIDERATA COMPRIMIBILE E QUINDI STUDIATA CON I METODI DELL'IDRAULICA (IL NUMERO DI MACH È DEFINITO COME IL RAPPORTO FRA LA VELOCITÀ DEL FLUIDO E LA CELERITÀ). LA CELERITÀ "a" RAPPRESENTA LA VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DI UN'ONDA SONORA IN SENO ALLA MASSA GASSOSA. SI HA

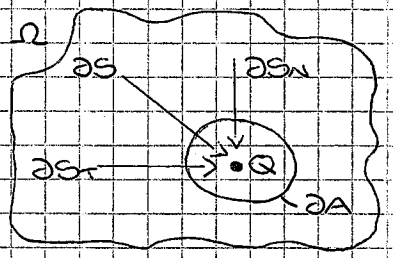
$$a = \left(\frac{\varepsilon}{\rho}\right)^{0,5}$$

IN CUI "ε" È IL MODULO DI ELASTICITÀ.

Ingegneri Copy Master

LA PRESSIONE

IN UNA PORZIONE DI FLUIDO, DELIMITATA DALLA SUPERFICIE "Ω", SI CONSIDERI UN PUNTO "Q" INTERNO ALLA SUPERFICIE "$\partial A \subset \Omega$". ATTRAVERSO LA SUPERFICIE "Ω", VENGONO TRASMESSE FORZE IN CIASCUN PUNTO DELLA SUPERFICIE MA AVENTI COMPONENTI, IN GENERALE, NORMALI E TANGENTI AD "Ω" STESSA. SIANO "∂S, ∂S_T, ∂S_N" LA FORZA E LE SUE COMPONENTI NORMALE E TANGENZIALE AGENTI SULLA SUPERFICIE "∂A", RISPETTIVAMENTE. SI DEFINISCE PRESSIONE IN "Q" LA COMPONENTE NORMALE DELLO SFORZO IN "Q", OVVERO IL RAPPORTO TRA LA COMPONENTE NORMALE "∂S_N" DELLA FORZA E L'AREA MEDESIMA "∂A" SU CUI ESSA AGISCE. IN TERMINI ANALITICI LA PRESSIONE "p" IN "Q" È



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

LA PRESSIONE "p" È UNA PROPRIETÀ LOCALE E DEVE ESSERE DEFINITA IN OGNI PUNTO. POICHÉ I FLUIDI, PER LORO NATURA, NON POSSONO SOPPORTARE SFORZI DI TRAZIONE, SI ASSUME CONVENZIONALMENTE LA PRESSIONE "p" POSITIVA SE DI COMPRESSIONE. LA PRESSIONE ESERCITATA DALL'ATMOSFERA SUL GEOIDE VIENE CHIAMATA PRESSIONE ATMOSFERICA (p_{atm}). NELLA PRATICA ANZICHÉ LA PRESSIONE EFFETTIVA O PRESSIONE ASSOLUTA (p), SI FA RIFERIMENTO ALL'ECCESSO O AL DIFETTO DI PRESSIONE RISPETTO ALLA PRESSIONE ATMOSFERICA. IN TAL CASO SI PARLA DI PRESSIONE RELATIVA (p_r) E PERTANTO SI HA

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

VALORI NEGATIVI DI PRESSIONE RELATIVA INDICANO VALORI DI PRESSIONE MINORI DI QUELLA ATMOSFERICA E VICEVERSA PER VALORI POSITIVI DI PRESSIONE RELATIVA. LA PRESSIONE RELATIVA DETERMINA LA PRESSIONE DIFFERENZIALE O PERCEPIBILE.

LE UNITÀ DI MISURA DELLA PRESSIONE SONO MOLTEPLICI. QUELLE CORRENTEMENTE USATE SONO:

- PASCAL (Pa) = 1 NEWTON AL METRO QUADRATO O "Kg/ms^2".
- BAR (10^5 Pa) = SONO LARGAMENTE DIFFUSI ANCHE SOTTOMULTIPLI DEL BAR, IN PARTICOLARE IL MILLIBAR È MOLTO USATO IN METEOROLOGIA.
- ATMOSFERA (atm) = APPROSSIMATIVAMENTE PARI ALLA PRESSIONE ESERCITATA DALL'ATMOSFERA TERRESTRE AL LIVELLO DEL MARE.
- ATMOSFERA TECNICA (at, ata) = PARI A "1 Kgp/cm^2", DI POCO INFERIORE ALL'ATMOSFERA.
- TORR = PRESSIONE ESERCITATA DA UNA COLONNA DI MERCURIO ALTA "1 mm".
- "mm" DI COLONNA D'ACQUA = PRESSIONE ESERCITATA DA UNA COLONNA D'ACQUA ALTA "1 mm".

master COPY

LA TENSIONE DI VAPORE

UN GAS È UN AERIFORME CHE È CARATTERIZZATO DA UNA TEMPERATURA, DETTA TEMPERATURA CRITICA (SI DEFINISCE CRITICA LA TEMPERATURA AL DI SOPRA DELLA QUALE UNA SOSTANZA NON PUÒ ESISTERE ALLO STATO LIQUIDO) INFERIORE ALLA TEMPERATURA AMBIENTE. GLI AERIFORMI PER CUI NON AVVIENE SI TROVANO NELLO STATO DI VAPORE. IN PRATICA, UN GAS PUÒ ANCHE ESSERE DEFINITO COME UN AERIFORME NON CONDENSABILE A TEMPERATURA AMBIENTE.

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. LA PRESSIONE DI VAPORE È UNA FORZA PER UNITÀ DI SUPERFICIE E SI MISURA IN PASCAL.

SE UN LIQUIDO VIENE POSTO IN UN RECIPIENTE CHIUSO E MANTENUTO A TEMPERATURA COSTANTE, LA CONCENTRAZIONE DELLE MOLECOLE DI TALE SOSTANZA NELLA FASE GASSOSA, DAPPRIMA AUMENTA, A CAUSA DELL'EVAPORAZIONE, E POI, RAGGIUNTO UN DETERMINATO VALORE, CHE DIPENDE UNICAMENTE DALLA NATURA DELLA SOSTANZA E DALLA TEMPERATURA, RIMANE COSTANTE NEL TEMPO. ALL'AUMENTARE DELLA TEMPERATURA, LA PRESSIONE DI VAPORE AUMENTA FINTANTO CHE ESSA EGUAGLIA QUELLA DELL'AMBIENTE CIRCOSTANTE. IN TALE SITUAZIONE HA LUOGO IL FENOMENO DI EBOLLIZIONE DEL LIQUIDO, OVVERO IL PASSAGGIO DI FASE CHE PUÒ AVVENIRE IN UN PUNTO QUALSIASI DELL'INTERA MASSA LIQUIDA. L'EQUILIBRIO SI RAGGIUNGE QUANDO TUTTO IL LIQUIDO DIVIENE VAPORE. VICEVERSA, QUANDO LE DUE FASI (LIQUIDA E GASSOSA) SONO INVECE IN EQUILIBRIO, SI HA VAPORE SATURO PER QUELLA TEMPERATURA. SPECIFICAMENTE, QUANDO NON SI RAGGIUNGONO LE CONDIZIONI DI EBOLLIZIONE, L'EQUILIBRIO È DINAMICO PERCHÈ CONTINUANO A VERIFICARSI DUE PROCESSI OPPOSTI: DA UNA PARTE UN CERTO NUMERO DI MOLECOLE, NELL'UNITÀ DI TEMPO, PASSA DALLA FASE LIQUIDA A QUELLA GASSOSA (EVAPORAZIONE), MA NELLA STESSA UNITÀ DI TEMPO UN UGUAL NUMERO DI MOLECOLE PASSA DALLO STATO GASSOSO A QUELLO LIQUIDO (CONDENSAZIONE).

LA PRESSIONE ESERCITATA DAL VAPORE IN EQUILIBRIO PRENDE IL NOME DI TENSIONE DI VAPORE O PRESSIONE DI VAPORE SATURO (p_V), POICHÈ, QUANDO IL VOLUME SOVRASTANTE IL LIQUIDO È SATURO (CONDIZIONI DI SATURAZIONE), ESSO NON PUÒ PIÙ CONTENERE ALTRE MOLECOLE IN FASE GASSOSA, SICCHÈ PER QUELLA PARTICOLARE TEMPERATURA LA PRESSIONE HA IL SUO VALORE MASSIMO.

SE IN UN LIQUIDO IN MOVIMENTO, LA PRESSIONE ASSOLUTA "p" DIVIENE INFERIORE DI "pv" E SI HA EVAPORAZIONE. IL LIQUIDO CONTIENE BOLLE DI VAPORE AL SUO INTERNO E IL FENOMENO PRENDE IL NOME DI CAVITAZIONE. SI PUÒ DEFINIRE UN NUMERO ADIMENSIONALE, OVVERO IL NUMERO DI CAVITAZIONE:

$$\sigma c = \frac{p' - pv}{\rho V^2/2}$$

DOVE "V" È LA VELOCITÀ DI RIFERIMENTO DEL LIQUIDO, OSSIA LA VELOCITÀ INDISTURBATA A MONTE DEL PUNTO D'INDAGINE.

LA TENSIONE SUPERFICIALE

LA TENSIONE SUPERFICIALE (O ENERGIA SUPERFICIALE) "s" È LA PROPRIETÀ PER CUI LA SUPERFICIE DI SEPARAZIONE FRA UN LIQUIDO ED 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 D'ATTRAZIONE TRA MOLECOLE DI UNO STESSO LIQUIDO. SE SI SUPPONESSE DI TAGLIARE LA SUPERFICIE PER UNA LUNGHEZZA "L", ALLORA LA TENSIONE SUPERFICIALE "s" SAREBBE LA FORZA "F" PER UNITÀ DI LUNGHEZZA NECESSARIA PER MANTENERE A CONTATTO FRA LORO I DUE LABBRI DEL TAGLIO:

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



LA TENSIONE SUPERFICIALE "s" DIPENDE DALLA NATURA DELL'INTERFACCIA E DALLA TEMPERATURA; ESSA DIMINUISCE AL CRESCERE DELLA TEMPERATURA.

LA TENSIONE SUPERFICIALE È ALL'ORIGINE DELLA FORMA PSEUDOSFERICA DELLE GOCCE DI LIQUIDO IN QUANTO LA MASSA LIQUIDA TENDE A DISPORSI IN MODO TALE CHE LA SUPERFICIE DI SEPARAZIONE SIA MINIMA.

SI PUÒ DIMOSTRARE CHE SE LA SUPERFICIE HA FORMA QUALUNQUE, IL SALTO DI PRESSIONE "Δp" È FORNITO DALLA FORMULA DI LAPLACE:

$$\Delta p = pi - pe = s\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

IN CUI "R1, R2" INDICANO I RAGGI PRINCIPALI DI CURVATURA LOCALE DELLA SUPERFICIE NEL GENERICO PUNTO, "pi, pe" LE PRESSIONI AGENTI SULLE DUE FACCE DELLA SUPERFICIE ED "s" È LA TENSIONE SUPERFICIALE. NEL CASO IN CUI LA SUPERFICIE DI SEPARAZIONE SIA UNA SFERA DI RAGGIO "r" SI HA:

$$\Delta p = pi - pe = \frac{2s}{r}$$



FENOMENI CAPILLARI

GLI EFFETTI DELLA TENSIONE SUPERFICIALE DIVENTANO IMPORTANTI NEI FENOMENI DI CAPILLARITÀ. QUANDO SI HA IL CONTATTO TRA UN LIQUIDO E UNA SUPERFICIE SOLIDA, OLTRE ALLE FORZE DI COESIONE SONO PRESENTI ANCHE QUELLE DI ADESIONE. SE PREVALGONO LE FORZE DI ADESIONE TRA LIQUIDO E SOLIDO, SI FORMA UNA SUPERFICIE CONCAVA VERSO L'ALTO ($\beta < 90°$) E SI DICE CHE IL LIQUIDO BAGNA LA PARETE, COME NEL CASO DI ACQUA A CONTATTO CON VETRO. VICEVERSA, SE PREVALGONO LE FORZE DI COESIONE SI FORMA UNA SUPERFICIE CONVESSA VERSO L'ALTO ($\beta > 90°$) ED IL LIQUIDO NON BAGNA LA PARETE, COME SUCCEDE PER IL MERCURIO A CONTATTO COL VETRO. QUESTO COMPORTAMENTO, INSIEME ALLA LEGGE DI LAPLACE, SPIEGA IL FENOMENO DELLA CAPILLARITÀ PER