MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

1. PROPRIETÀ FISICHE DEI FLUIDI

1.1 SOLIDI, LIQUIDI E GAS

- La prima differenza fra un solido e un fluido - classe che accomuna liquidi e gas - è il possedere una forma definita: i solidi ne posseggono una mentre i fluidi non hanno una forma definita ma possono riarrangiarsi liberamente.

- La seconda differenza fondamentale è relativa alla risposta ad una forza applicata che sollecita la materia: i solidi rispondono con una deformazione e la misura della deformazione è legata alla forza applicata. Per i solidi la legge che regola la relazione fra sforzo e deformazione è la legge di Hooke. Nei fluidi invece la risposta ad una forza applicata è data dalla velocità di deformazione; i fluidi si deformano indefinitamente.

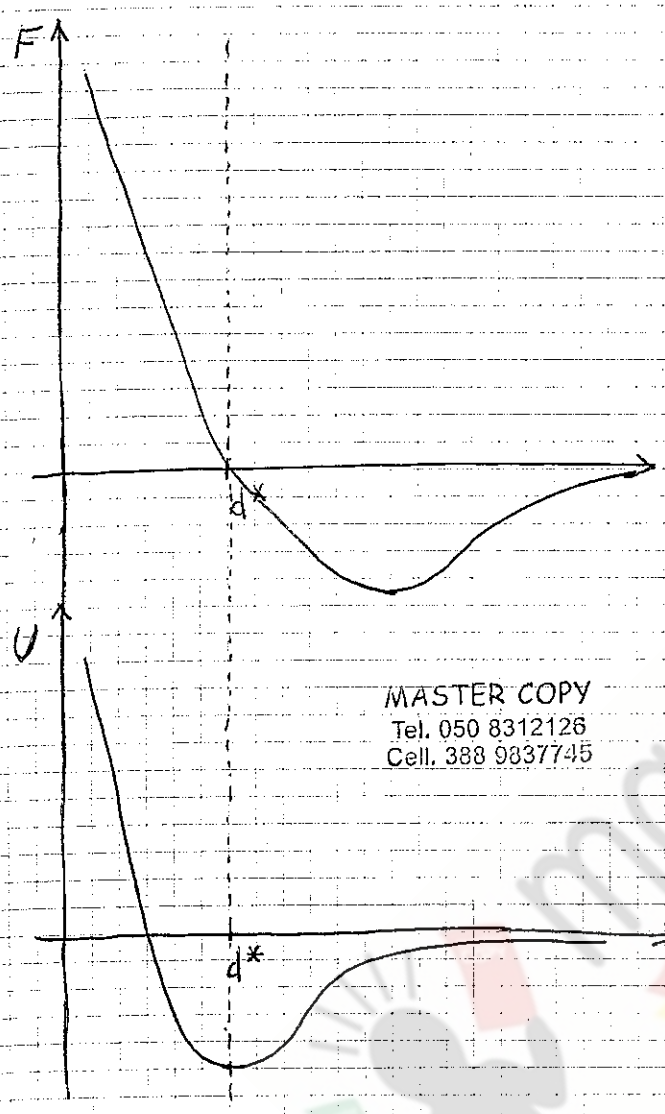
- Vi sono poi materiali che mostrano un comportamento intermedio in quanto agiscono come solidi o fluidi in base alle condizioni di sollecitazione. Un esempio è fornito dalle sostanze tissotropiche: queste agiscono da solido elastico (proporzionalità fra sforzo applicato e deformazione prodotta) se lasciate in quiete per un tempo sufficiente in seguito ad una prima sollecitazione. Ma se sollecitate adeguatamente per un tempo sufficientemente lungo si comportano come dei liquidi. Un esempio è dato dalle peci ma altre specie sono le miscele polimeriche, il materiale biologico etc.

- La spiegazione al comportamento di una sostanza in seguito ad una sollecitazione dipende dalla sua STRUTTURA MOLECOLARE e dalla natura delle FORZE INTERMOLECOLARI che si instaurano. Se si considera il caso di molecole neutre queste forze sono di due tipi:

  ✓ FORZE di VAN DER WAALS: si tratta di forze attrattive di natura elettrostatica. $F_{vdw} \propto \frac{1}{r^2}$ con r = raggio

  ✓ FORZE REPULSIVE: si tratta di forze elettrostatiche appunto repulsive dovute a sovrapposizioni orbitaliche.

È utile schematizzare in un grafico l'andamento delle forze intermolecolari con la distanza fra due atomi o molecole (riferendosi ai loro centri).



La d^* è la distanza di equilibrio alla quale l'energia $U(d)$ presenta un minimo. Per la relazione fra energia potenziale e forza $F = \frac{dU}{dd}$, l'energia qui è nulla ovvero la seconda molecola non risente né di repulsione né di attrazione.

$d^* \simeq 0.3 \div 0.4$ nm per semplici molecole

All'equilibrio da studi vari è stato possibile osservare come la spaziatura media $\bar{d}$ delle molecole sia diversa in funzione dello stato di aggregazione della materia. Riassumendo:

→ $\bar{d} \simeq 10\, d^*$ GAS

→ $\bar{d} \simeq d^*$ LIQUIDI e SOLIDI

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Questa valutazione dà conto di come i GAS siano specie comprimibili e di come viceversa LIQUIDI e SOLIDI siano incomprimibili.

MODELLO di GAS IDEALE: in questo modello si suppone che l'interazione fra molecole di gas vicine sia così piccola da essere trascurabile soprattutto in confronto all'energia termica propria delle molecole KT (dipendente dalla temperatura)

Resta da spiegare invece la differenza di comportamento fra solidi e liquidi. Infatti è possibile definire lo spostamento medio delle molecole δ dovuto all'agitazione termica.

Per i solidi si ha che $\delta \ll d^*$ ovvero è concessa solo un'oscillazione intorno alle posizioni di equilibrio; per i liquidi invece $\delta \simeq d^*$ ovvero è concessa la traslazione delle molecole intorno alle posizioni di equilibrio.

Ciò è giustificato dal fatto che il piccolo aumento del $\bar{d}$ fra solidi e liquidi (circa 1%) provoca un aumento notevole del δ ovvero sblocca la struttura, che è in generale organizzata in reticoli cristallini, rendendole libera negli scorrimenti traslatori.

Per i liquidi a differenza dei gas la forza di attrazione è però ancora sufficientemente grande da prevalere sull'energia termica kT e mantenere un $\bar{d} \simeq d^*$.

□ Possiamo affermare come, nel campo della fluidodinamica i liquidi siano simili ai gas e non ai solidi a cui assomigliano in termini di proprietà macroscopiche (densità ad esempio).

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

1.2. IPOTESI del CONTINUO

Per quanto visto finora nei gas le molecole sono distribuite in una regione molto vasta rispetto al volume occupato dalla materia e discorso analogo si può fare per quanto riguarda solidi e liquidi. Infatti nonostante l'elevato impacchettamento a livello atomico la massa è concentrata nei nuclei degli atomi. Questa semplice considerazione ci portano a dire che la materia non è distribuita in modo continuo nello spazio.

Ma tutte le grandezze macroscopiche che sono suscettibili di misurazione quali temperatura, pressione, velocità, densità, concentrazione sono valutate sotto l'ipotesi del continuo ovvero che riguardino un piccolo volumetto occupato da materia, guardata ad una scala per la quale le particelle sono indistinguibili. Non è dunque necessario indagare o comunque tenere conto nella valutazione delle grandezze delle strutture molecolari del fluido.

Il confronto per la validazione della teoria del continuo riguarda la lunghezza caratteristica del problema in rapporto alla distanza interatomica.

$L_{caratt} \gg \bar{d} \Rightarrow$ è vera l'IPOTESI del CONTINUO
ad esempio un fluido che scorre in un condotto.

$L_{caratt} \simeq \bar{d} \Rightarrow$ non è accettabile l'IPOTESI del CONTINUO

A questo proposito si può pensare ad un fluido che attraversa un mezzo poroso: sicuramente la L_{CARATT} sarà la dimensione tipica dei pori. Se tale L_{CARATT} è sufficientemente piccola, allora diventa confrontabile con il $\bar{d}$ delle molecole (ordine di nm) e cade l'ipotesi del continuo.

2. CINEMATICA dei FLUIDI

2.1 CINEMATICA dei FLUIDI. INTRODUZIONE & DERIVATE EULERIANA E LAGRANGIANA

Si considera un volumetto di fluido, in cui è possibile applicare l'ipotesi del continuo. Quindi si può usare il concetto di velocità punto per punto al fine di identificare il campo delle velocità per il fluido in esame.

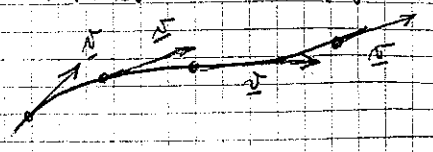
Sia m una generica grandezza scalare (temperatura, densità) o vettoriale (velocità) associata puntualmente al fluido. Questa grandezza può essere specificata tramite due approcci diversi:

a- EULERIANO: qui m è funzione del tempo t oltre che del posto $\underline{P}$ $m = m(t, \underline{P})$. Si tratta di una rappresentazione della distribuzione spaziale della grandezza m (ad es. velocità) istante per istante.

b- LAGRANGIANO: qui m è riferita ad una porzione identificabile di fluido, m è funzione del tempo t e della scelta dell'elemento di fluido e descrive la storia di questo elemento di fluido. Questo varia nel tempo la sua posizione. La procedura prevede di individuare il volumetto e specificare il punto P_0 a cui si trova al tempo iniziale t_0. Si usa l'approssimazione che il volumetto non subisca deformazioni e/o estensioni durante il moto. $m = m(\underline{P_0}, t)$.

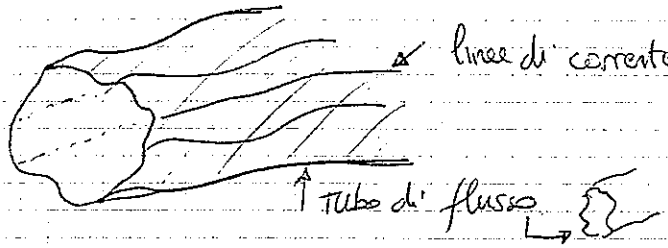
1) A proposito della velocità, facciamo qualche considerazione. Qualora $\underline{v}(\underline{r}, t)$ è indipendente dal tempo allora il flusso è detto STAZIONARIO e si ha che $\underline{v}(\underline{r})$ in senso euleriano.

2) Si definisce STREAMLINE (linea di corrente) la linea tangente punto per punto istantaneamente al vettore di velocità $\underline{v}$.



— linea di corrente

3) Si definisce STREAM TUBE (tubo di flusso) la superficie che si forma istantaneamente a partire da tutte le linee di corrente che attraversano una curva chiusa data nel fluido.



4) La traiettoria (PATH) è invece la linea che segue punto per punto il percorso di un elemento di fluido nel tempo.

Se siamo allo stazionario, coincide con la linea di corrente.

Per come abbiamo definito un flusso stazionario, la velocità $\underline{v}$ è indipendente dal tempo punto per punto. Tuttavia è ovvio che un elemento di fluido sperimenta una accelerazione nel momento in cui passa da $\underline{P}_1$ a $\underline{P}_2$ se queste due posizioni sono caratterizzate da diverse velocità $\underline{v}_1$ e $\underline{v}_2$.

È utile definire due tipi di derivate, ciascuna con significato fisico diverso.

[A] DERIVATA EULERIANA: questa derivata vuole esprimere il tasso di variazione di una grandezza m (ad es. la velocità) nel tempo per un fissato punto nello spazio $\underline{r}_0$.

La simbologia è:

$$\frac{\partial}{\partial t} m(\underline{r}, t)$$

SI TRATTA DI UNA DERIVATA PARZIALE CHE VALUTA DIFFERENZE NEL TEMPO t.

[B] DERIVATA LAGRANGIANA: questa derivata vuole esprimere il tasso di variazione di una grandezza m (tipo la velocità) nel tempo seguendo un volumetto di fluido solidalmente ad esso. È ovvio ricordare che il volumetto nel tempo cambierà la sua posizione $\underline{r}$.

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

La simbologia è

$$\frac{D}{Dt} m(\underline{r}(t), t)$$

SI TRATTA DI UNA DERIVATA PARZIALE CHE VALUTA DIFFERENZE TEMPORALI IN t MA CON $\underline{r}$ CHE ANCH'ESSO VARIA CON t.