MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

=NOZIONI di FLUIDODINAMICA=

FLUIDO PERFETTO. FLUIDO CHE NON HA FENOMENI di ATTRITO VISCOSO, QUINDI NON HA VISCOSITÀ, PER CUI NON C'È MODO PER QUESTO FLUIDO di SVILUPPARE DELLE AZIONI TANGENZIALI, CIOÈ CHE SONO DIRETTE IN MODO PARALLELO E CHE DERIVANO DA MOTI RELATIVI di PARTI di FLUIDO CON ALTRE PARTI di FLUIDO OPPURE di PARTI di FLUIDO CON UNA PARETE. (SVILUPPA SOLO AZIONI NORMALI)

FLUIDO REALE. FLUIDO EFFETTIVO CHE HA UNA SUA VISCOSITÀ E QUINDI HA LA CAPACITÀ di SVILUPPARE QUESTE AZIONI TANGENZIALI E QUINDI FORZE di ATTRITO IN GENERALE CHE SONO FORZE DISSIPATIVE E QUINDI L'ENERGIA MECCANICA TOTALE NON SI CONSERVA. (ESISTONO SIA AZIONI TANGENZIALI CHE NORMALI)

LINEE di CORRENTE: CURVA PER LA QUALE LA TANGENTE TRACCIATA IN UN PTO COINCIDE CON LA DIREZIONE LOCALE DELLA VELOCITÀ IN QUEL PTO: QUESTE LINEE NON FANNO ALTRO CHE LA TRAIETTORIA DELLE PARTICELLE DEL FLUIDO CHE IN QUALCHE MODO GIRANO INTORNO AL SOLIDO CHE SI TROVA NEL FLUIDO.

Moto PERMANENTE (o STAZIONARIO): UN MOTO CHE POSSIAMO IMMAGINARE CONGELATO NELLO SPAZIO, CIOÈ DA PTO A PTO LA VELOCITÀ E LE PROPRIETÀ FISICHE HANNO ENTITÀ DIVERSE, QUINDI SPAZIALMENTE CI SONO DELLE VELOCITÀ DIVERSE MA IN MODO FISSO IN DIREZIONE (LO STESSO PER LE ALTRE GRANDEZZE FISICHE) PERÒ FISSATO UN PTO NELLO SPAZIO QUESTE GRANDEZZE NON VARIANO NEL TEMPO.

Moto LAMINARE: PARTICELLE di FLUIDO CHE SI MUOVONO PER FARE PARALLELE (A QUESTO SI CONTRAPPONE IL MOTO TURBOLENTO). SI TRATTA di UN MOTO IN CUI LE VELOCITÀ DELLE PARTICELLE SI MANTENGONO SEMPRE PARALLELE FRA LORO, O MEGLIO, LE PARTICELLE SI MUOVONO PER FARE PARALLELE: ESSENZIALMENTE NON CI SONO COMPONENTI TRASVERSALI DELLE VELOCITÀ DELLE PARTICELLE RISPETTO ALLA COMPONENTE PRINCIPALE CHE È AMMESSA. (IL MOTO LAMINARE PUÒ ESSERE ANCHE UN MOTO PERMANENTE CIOÈ INDIPENDENTE DAL TEMPO)

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

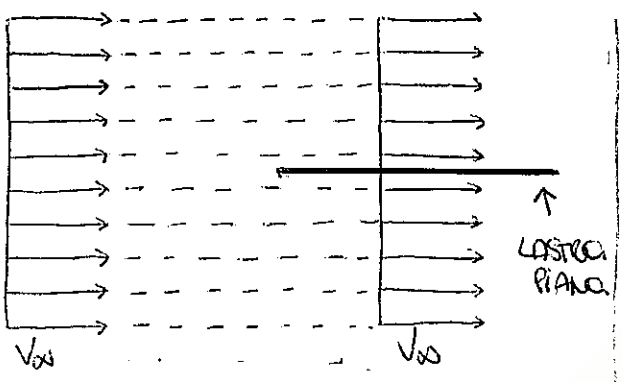
Moto TURBOLENTO: MOTO IN CUI NELLO STESSO PTO CI SONO VARIAZIONI di VELOCITÀ, PER CUI NON PUÒ MAI ESSERE UN MOTO PERMANENTE, QUINDI IN OGNI PTO CI SONO VARIAZIONI di VELOCITÀ IN TUTTE LE DIREZIONI E IN PARTICOLARE NELLA DIREZIONE TRASVERSALE RISPETTO A QUELLA INDICATA COME LINEA di CORRENTE.

FILETTO FLUIDO: RAPPRESENTAZIONE DELLA LINEA di CORRENTE.

TUBO di FLUSSO: INSIEME DELLE LINEE di CORRENTE CHE PASSANO PER UNA LINEA CHIUSA

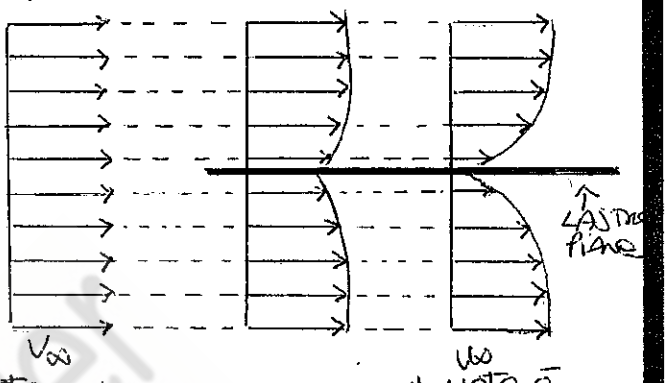
VENA FLUIDA: insieme dei filetti fluidi che passano all'interno di un tubo di flusso

MOTO UNIFORME: moto in cui all'interno di un tubo di flusso, su una sezione, si hanno caratteristiche in ogni pto costanti le grandezze fondamentali del tubo (velocità, pressione, densità)



MOTO UNIFORME (è un moto permanente e laminare, con velocità uguale V_∞ in ogni pto)

MOTO UNIFORME



MOTO UNIFORME

Il moto è ancora laminare ma non è più uniforme

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

FLUIDO PERFETTO

Si considera una piastra piana investita da una corrente: la piastra è allineata alla direzione del fluido.
Si parla di velocità del fluido all'infinito o a monte, riferendoci cioè al moto del fluido ad una distanza molto elevata dall'oggetto perché il moto del fluido sicuramente sarà influenzato dal corpo che investe, avendo la necessità di aggirarlo costringendo una deformazione delle linee di corrente.

In particolare si ha a che fare con un moto uniforme, ovvero di un moto permanente in cui la velocità non cambia da pto a pto e in particolare si può notare che si tratta di un moto laminare (quindi il moto delle particelle avviene per fogli paralleli senza che si verifichino spostamenti di particelle da una falda all'altra).

Appena la corrente investe il corpo, il moto diviene uniforme e questo perché l'unico modo in cui il fluido può interagire con il corpo è tramite le azioni tangenziali nell'interfaccia di contatto, ma questo non avviene per il fluido perfetto ma per il fluido reale essendo questo vincolo

FLUIDO REALE

Con un fluido reale invece, il moto che era uniforme a monte, pur avendo investito il corpo, rimane ancora un moto laminare permanente ma non uniforme poiché da pto a pto la velocità varia e tutto ciò a causa della viscosità, poiché nel contatto le particelle vicine alle linee di corrente che si adagiano sulla lastra diminuiscono la loro velocità a causa dell'interazione con il corpo; e la velocità relativa nel pto di contatto è nulla quindi le particelle rimangono incollate alla lastra. Il filetto fluido immediatamente sopra di esso risente di una differenza di velocità relativa rispetto a quello del filetto fluido incollato, e questa differenza relativa crea un attrito viscoso che fa diminuire la velocità al filetto fluido e quest'ultimo a catena coinvolgendo il fluido anche a distanza dalla zona di contatto.

Inoltre si può osservare una differenza tra i profili di velocità all'inizio dell'investimento della lastra un po più in là: il fluido investe ma risulta più difficile per interagire su

LA LASTRA E LE AZIONI TANGENZIALI HANNO AVUTO MODO DI FRENARE I FILETTI FLUIDI ANCHE A NOTEVOLE DISTANZA, ANDANDO AVANTI SI TROVANO PROFILI DI VELOCITÀ CHE VARIANO IN CUI SI HANNO VELOCITÀ PIÙ BASSE ANCHE A DISTANZE MAGGIORI DAL PIANO DI CONTATTO.

LO SCOPO PRINCIPALE CONSISTE NELLA DETERMINAZIONE DEL CAMPO DELLE AZIONI ESERCITATE DAL FLUIDO SU UN CORPO IMMERSO IN ESSO ED IN MODO RELATIVO (SE IL FLUIDO È FERMO RISPETTO AL CORPO, LA RISULTANTE DELLE AZIONI È NULLA)
DELLE AZIONI DERIVANO DA DUE CONTRIBUTI:

- AZIONI NORMALI ALLA SUPERFICIE DEL CORPO (PRESSIONI)
- AZIONI TANGENZIALI (DOVUTE ALL'ATTRITO VISCOSO)

LA RISULTANTE SI OTTIENE DALL'INTEGRALE ESTESO A TUTTA LA SUPERFICIE BAGNATA DAL CORPO DELLE AZIONI NORMALI E DI QUELLE TANGENZIALI.

SI DEVE QUINDI AFFRONTARE IL PROBLEMA SCRIVENDO I BILANCI GENERALI.

→ BILANCIO DI MASSA
→ CONSERVAZIONE DELLA QUANTITÀ DI MOTO
→ CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

⇒ EQ.NI DI NAVIER-STOKES (EQ.NI DIFFERENZIALI NON LINEARI A COEFFICIENTI NON COSTANTI DEVONO ESSERE COMPLETATE CON LE CONDIZIONI DI CONTORNO E LE CONDIZIONI INIZIALI)

LA RISOLUZIONE DEL PROBLEMA AERODINAMICO PUÒ ESSERE OTTENUTO ATTRAVERSO LE SEGUENTI STRADE:

- INDAGINE SPERIMENTALE
- ANALISI TEORICA SEMPLIFICATA

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

ANALISI TEORICA SEMPLIFICATA

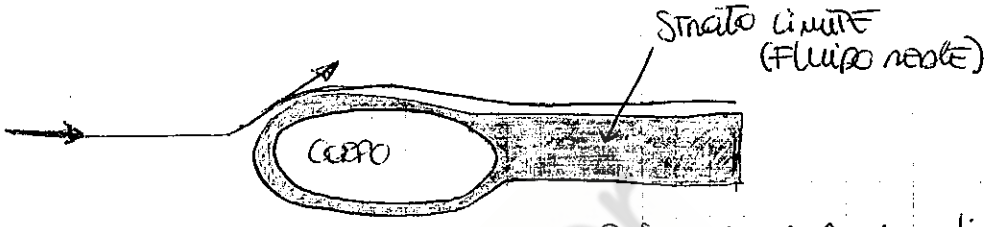
È STATO DETERMINATO CHE LA DIFFERENZA TRA FLUIDO REALE E FLUIDO PERFETTO È LEGATA ALLA PRESENZA O MENO DELLA VISCOSITÀ; LA PRESENZA DI QUESTA INFATTI RENDE PIÙ COMPLESSO IL PROBLEMA POICHÉ NEL CASO DELLA LASTRA PIANA PER ESEMPIO SI VENGONO A CREARE DEI GRADIENTI DI VELOCITÀ IN OGNI PUNTO DELLA LASTRA IN DIREZIONE NORMALE ALLA LASTRA STESSA.

AVENDO A CHE FARE CON UN FLUIDO REALE E QUINDI CON LA PRESENZA DI GRADIENTI DI VELOCITÀ, NON VUOL DIRE CHE QUESTE PERTURBAZIONI DI FLUSSO SI PRESENTINO IN MODO RILEVANTE IN TUTTO IL CAMPO AERODINAMICO; INFATTI SE SI ANALIZZA NUOVAMENTE IL CASO DELLA LASTRA PIANA SI NOTA CHE IN UN CERTO PUNTO DATO UNA CERTA DISTANZA DALLA LASTRA SI RITROVERÀ UNA VELOCITÀ MINORE CHE UGUALE A QUELLA A MONTE, QUINDI A QUELLA DI INFINITA IL FLUIDO SI COMPORTA COME SE FOSSE PERFETTO PERCHÉ NON HA SUBITO DEFORMAZIONI DEL SUO MOTO A CAUSA DELLA VISCOSITÀ: ENTRA IN GIOCO IL CONCETTO DELLO STRATO LIMITE.

SI IMMAGINA UNO SMALTO DI FLUIDO CHE BAGNA IL CORPO E SI DEFINISCE IN QUESTO MODO: AL DI FUORI DI QUESTO SMALTO LIMITE IL FLUIDO SI COMPORTA COME SE FOSSE PERFETTO E INTERAGISCE CON UN CORPO AVENTE GEOMETRIA DATA DALLA FORMA FISICA DEL CORPO MA LO SMALTO LIMITE E ALL'INTERNO DI QUESTO SI IMMAGINANO TUTTI GLI EFFETTI DELLA VISCOSITÀ DEL FLUIDO.

⊗ QUESTA SEPARAZIONE DEL CAMPO AERODINAMICO IN DUE PARTI È UNA PRIMA SEMPLIFICAZIONE PERCHÉ ALL'INTERNO DELLO STRATO LIMITE SI ROMPE L'IPOTESI DI FLUIDO PERFETTO, MENTRE ALL'ESTERNO RIMANE VALIDA LA CONDIZIONE LEGATA AL FLUIDO REALE.

⊗ UN'ALTRA IPOTESI SEMPLIFICATIVA, CHE IN UNA GRANDE CATEGORIA DI CASI RIESCE BUONA, RIGUARDA LA COMPRIMIBILITÀ DEL FLUIDO: SI HA UNA VARIAZIONE DI VELOCITÀ NEL MOMENTO IN CUI IL FLUIDO INCONTRA IL CORPO, INFATTI LE LINEE DI CORRENTE AGGIRANO IL CORPO STESSO E ALLONTANANDOSI NE HANNO ALCUNE CHE PORTANO ALL'INFINITO.



RESTO DEL CAMPO AERODINAMICO
(FLUIDO NON VISCOSO)

L'ESPERIENZA DICE CHE LA VARIAZIONE DI DENSITÀ È SOLO SE LA VELOCITÀ RELATIVA TRA FLUIDO E CORPO È PARI O SUPERIORE A 0,3 VOLTE LA VELOCITÀ DEL SUONO, CON LA VELOCITÀ DEL SUONO VALENDO $a = \sqrt{\gamma RT}$

SI DEFINISCE IL NUMERO DI MACH, IL RAPPORTO TRA IL MODULO DELLA VELOCITÀ E LA VELOCITÀ DEL SUONO $M = \frac{|\vec{V}|}{a}$

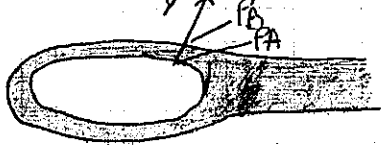
QUINDI L'IPOTESI DI CONSIDERARE COSTANTE LA DENSITÀ IN TUTTO IL CAMPO (FLUIDO INCOMPRIMIBILE) È UNA SEMPLIFICAZIONE EFFICACEMENTE UTILIZZABILE, ANCHE SE NON COPRE TUTTA LA CASISTICA DELL'AERODINAMICA.

⊗ UN'ALTRA SEMPLIFICAZIONE DERIVA DALLA CONFORMAZIONE PARTICOLARE DELLO STRATO LIMITE, TUTTAVIA TANTO PER UN CORPO È TUTTO CIÒ NON AERODINAMICO (E QUINDI DI FORMA ARROTONDATO E TOZZA) TANTO PER L'ENTITÀ DELLO SPESSORE, DELLO STRATO LIMITE È ELEVATO, VICEVERSA IN UN CORPO AERODINAMICO LO SPESSORE DI TALE È MOLTO PIÙ RIDOTTO.

SE CI SI PONE NELL'IPOTESI DI STRATO LIMITE SOTTILE (COME VALE PER I CORPI AERODINAMICI) L'ESPERIENZA HA DIMOSTRATO CHE LA PRESSIONE SU UN CORPO IN UN PUNTO È PRESSOCHÉ UGUALE ALLA PRESSIONE SULLO STRATO LIMITE NEL PUNTO OTTENUTO DALL'INTERSEZIONE DELLA NORMALE AL CORPO TRACCIATA DAL PUNTO INTERESSATO E LO STRATO LIMITE.

CIÒ NON SI RISCONTRA MOLTO DALLA REALTÀ, POICHÉ LA VARIAZIONE DEI GRADIENTI DI VELOCITÀ LUNGO LA DIREZIONE NORMALE È MOLTO PIÙ GRANDE RISPETTO ALLA DIREZIONE TANGENTE E QUESTO PERMETTE DI SEMPLIFICARE L'EQ. NE DI MOTO DA CUI SI PUÒ PERVENIRE A QUESTE SEMPLIFICAZIONI. QUESTO È MOLTO IMPORTANTE POICHÉ SI POSSONO ANDARE A CALCOLARE LE PRESSIONI SULLO STRATO LIMITE VALORIZZANDO QUINDI CON UN FLUIDO PERFETTO E DA QUESTE È SEMPLICE LE PRESSIONI SUL CORPO.

$p_A \cong p_B$



L'ROTER di STRATO LIMITE fluido CONSENTE di CALCOLARE AGEVOLMENTE L'INTEGRALE delle AZIONI di ATTRITO SU CORPO, IN QUANTO QUESTE SONO IDENTICHE A QUELLE PRESENTI SU CONTORNO ESTERNO DELLO STRATO LIMITE, DOVE VIGE L'IPOTESI di FLUIDO PERFETTO, QUINDI AI FINI PRATICI LA FORMA DEL CORPO NON È AVVERTITA DALLA PARTICELLA, MA QUELLA delimitata dal CONTORNO ESTERNO DELLO STRATO LIMITE

IL PROBLEMA STA NEL CALCOLARE LA DIMENSIONE DELLO SPESSORE DELLO STRATO LIMITE: UN ORDINE di GRANDEZZA PER i CORPI AERODINAMICI È DI CIRCA QUALCHE MILLESIMO DELLA LUNGHEZZA DEL CORPO.

LO SPESSORE DELLO STRATO LIMITE DIPENDE DALLA FORMA DEL CORPO, dall'ORIENTAZIONE di QUESTO RISPETTO ALLA CORRENTE E DA UN NUMERO ADIMENSIONALE QUELLO <u>NUMERO di REYNOLDS</u> CHE ESPRIME IL RAPPORTO TRA FORZE di INERZIA E FORZE VISCOSE

$$Re = \frac{F_i}{F_V}$$

DOVE LE FORZE di INERZIA SONO LE FORZE CHE IL FLUIDO SCAMBIA CON SE STESSO, IN TUTTE LE SUE PARTI DEL CORPO FLUIDO IN MOVIMENTO FINO LADDOVE CI SONO VARIAZIONI DELLA VELOCITÀ POICHÉ LA MASSA NON È NECESSARIA E QUESTE VARIAZIONI di VELOCITÀ LEGATE ALLA MASSA DELLE PARTICELLE DANNO LUOGO A QUESTE FORZE D'INERZIA.

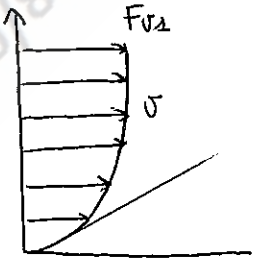
LE FORZE VISCOSE INVECE DERIVANO dal MOTO RELATIVO PARALLELO DEL FLUIDO STESSO IN PARTICOLARE SI TRATTA ESSENZIALMENTE DI DUE FORZE CIOÈ:

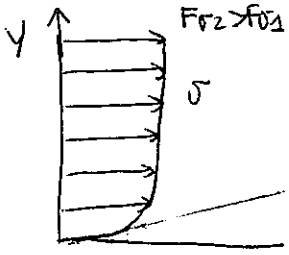
$$F_i = \frac{d(mv)}{dt} = v\frac{dm}{dt} + m\frac{dv}{dt} = v\frac{d\rho}{dt} = v\,\frac{d(\rho V)}{dt} \cong \rho v \frac{dV}{dt} = \rho v \frac{d(Sx)}{dt} =$$

$$= \rho v S \frac{dx}{dt} = \rho v^2 S$$

$$F_V = \mu S \left(\frac{dv}{dy}\right)_{y=0}$$

LA TANGENTE AI PROFILI di VELOCITÀ FORNISCE L'ENTITÀ DELLE FORZE VISCOSE.





MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

$$Re = \frac{F_i}{F_V} \cong \frac{\rho S v^2}{\mu S v/\ell} = \frac{\rho v \ell}{\mu} = \frac{v\ell}{\nu}$$

CON $\left(\nu = \frac{\mu}{\rho}\right)$ È LA VISCOSITÀ CINEMATICA

È UNA LUNGHEZZA di RIFERIMENTO