

# FLUIDODINAMICA E TURBOLENZA

## PROGRAMMA DEL CORSO

(A.A. 2008/2009 – docente: A. Soldati)

1. **Fluidodinamica: Richiami e Fondamenti** (10 ore)
  - 1.1 Equazioni di Conservazione
    - 1.1.1 Conservazione della massa: Equazione di Continuità
    - 1.1.2 Conservazione della Quantità di Moto: Equazioni di Cauchy e di Navier Stokes
    - 1.1.3 Tensore degli Sforzi
    - 1.1.4 Viscosità
    - 1.1.5 Equazione di Trasporto dell'Energia Cinetica
    - 1.1.6 Trasferimento dell'Energia Cinetica (in Flusso di Poiseuille Laminare)
  - 1.2 Generazione e Dinamica della Vorticità
    - 1.2.1 Equazione di Trasporto della Vorticità
    - 1.2.2 Teorema di Kelvin
    - 1.2.3 Funzione Potenziale ( $\phi$ ) e Funzione di Corrente ( $\psi$ )
    - 1.2.4 Equazione di Bernoulli (per fluido perfetto)
  - 1.3 Strato Limite Laminare
    - 1.3.1 Strato Limite su Lastra Piana Ferma investita da un Flusso Uniforme (o di Blasius)
    - 1.3.2 Displacement Thickness
    - 1.3.3 Momentum Thickness
    - 1.3.4 Adimensionalizzazione
    - 1.3.5 Strato Limite su Lastra Piana Istantaneamente Accelerata
  - 1.4 Esercitazioni: vedi 7.1, 7.2
2. **Turbolenza: Generalità e Fondamenti** (14 ore)
  - 2.1 Generalità
    - 2.1.1 Transizione Turbolenta
    - 2.1.2 Strato Limite Turbolento
    - 2.1.3 Getti e Mixing Layers (note)
  - 2.2 Decomposizione di Reynolds: Equazioni di Conservazione mediate secondo Reynolds
  - 2.3 Tensore degli Stress di Reynolds
  - 2.4 Problema della Chiusura: Ipotesi di Boussinesq e definizione di Viscosità Turbolenta
  - 2.5 Flusso Turbolento in Tubazione (Applicazione delle RANS ad una Tubazione Cilindrica)
    - 4.5.1 Ipotesi di Prandtl
    - 4.5.2 Van Driest Damping Function
    - 4.5.3 Profilo di Velocità Universale (o di Prandtl)
    - 4.5.4 Sottostrato Viscoso
    - 4.5.5 Bilancio dell'Energia Cinetica (cenni)
3. **Descrizione Statistica della Turbolenza** (4 ore)
  - 3.1 Analisi Statistica di Serie Temporali
  - 3.2 Momenti Statistici (Media, Varianza, Skewness, Flatness)
  - 3.3 Autocorrelazione di un Segnale: Autocovarianza, Autocorrelazione
  - 3.4 Esercitazione: vedi 7.3

- 4. Modelli di Turbolenza** (16 ore)
- 4.1 Modelli di Turbolenza per la Fluidodinamica Computazionale
    - 4.1.1 Modelli a Zero Equazioni
      - 4.1.1.1 Eddy Viscosity
      - 4.1.1.2 Mixing Length
  - 4.2 Modelli ad Una Equazione per Applicazioni Ingegneristiche (cenni)
  - 4.3 Modelli a Due Equazioni per Applicazioni Ingegneristiche
    - 5.3.1 Modello K- $\epsilon$
  - 4.4 Simulazione Large Eddy
  - 4.5 Simulazione Numerica Diretta
    - 4.5.1 Turbolenza Omogenea Isotropa
    - 4.5.2 Teorie Spettrali (Equazioni di Navier-Stokes nello spazio di Fourier)
  - 4.6 Esercitazione: vedi 7.4
- 5. Flussi Turbolenti Multifase** (4 ore)
- 5.1 Introduzione ai flussi gas-solido e gas-liquido
  - 5.2 Forze agenti sulla fase dispersa (drag, inerzia, added mass, ...)
  - 5.3 Equazione del moto della fase dispersa
    - 5.3.1 Equazione di Basset-Boussinesq-Oseen
    - 5.3.2 Equazione di Maxey-Riley
  - 5.4 Esercitazione: vedi 7.5
- 6. Instabilità Idrodinamica** (2 ore, if time permits)
- 6.1 Instabilità di Kelvin-Helmoltz (cenni)
  - 6.2 Margine di Stabilità e Transizione Turbolenta (cenni)
  - 6.3 Leggi di Scala e Auto-Preservazione in Flussi Esterni e Confinati (cenni)
- 7. Esercitazioni Hands-on-Computer**
- 7.1 Flusso in Cavità Quadrata 2D (formulazione  $\psi-\omega$ )
  - 7.2 Strato Limite e Getti
    - 7.2.1 Strato limite su Lastra Piana Accelerata Istantaneamente
    - 7.2.2 Strato Limite su Lastra Piana che Evolve nel Tempo
    - 7.2.3 Analisi di un Getto Piano (facoltativa)
  - 7.3 Analisi Statistica di un Segnale di Velocità Turbolento
  - 7.4 Applicazione del Modello K- $\epsilon$  al caso di Canale Piano
  - 7.5 Tracciamento Lagrangiano in Flusso Cellulare 2D