



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## COMPLEMENTI DI FLUIDODINAMICA E TURBOLENZA

**ALESSIO INNOCENTI**

Anno accademico 2023/24  
CdS INGEGNERIA AEROSPAZIALE  
Codice 681II  
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
COMPLEMENTI DI FLUIDODINAMICA E TURBOLENZA	ING-IND/06	LEZIONI	60	ALESSIO INNOCENTI MARIA VITTORIA SALVETTI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Il corso ha lo scopo di approfondire le conoscenze sui meccanismi di instabilità fluidodinamica che portano alla transizione alla turbolenza, sulle caratteristiche fisiche principali dei flussi turbolenti, anche attraverso esempi di flussi 'classici', e sui principali metodi e modelli usati per la simulazione numerica di flussi turbolenti.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Durante l'esame finale, lo studente deve dimostrare la sua conoscenza dei contenuti del corso, di sapere organizzare una risposta chiara e efficace e di essere in grado di scegliere l'approccio più adatto per la simulazione numerica di flussi turbolenti di interesse applicativo.

#### *Capacità*

Alla fine del corso gli studenti saranno in grado di usare in modo consapevole codici commerciali o open-source di fluidodinamica computazionale, in particolare per quanto riguarda la scelta dei modelli di turbolenza.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

In sede di esame finale.

#### *Comportamenti*

Lo studente dovrà acquisire rigore e metodo nell'affrontare la complessità dello studio della transizione e della turbolenza e la capacità di adottare le opportune semplificazioni per applicazioni ingegneristiche.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

In sede di esame finale.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Fluidodinamica. Nozioni di calcolo numerico e di metodi computazionali sono utili.

#### *Indicazioni metodologiche*

Le lezioni e esercitazioni sono frontali e sono tenute con supporto di lucidi proiettati. Per meglio illustrare le lezioni e in alcune esercitazioni verranno utilizzati filmati, grafici, software. Il materiale didattico è distribuito sulla piattaforma e-learning <http://elearn.ing.unipi.it> o sulla piattaforma Teams prima delle lezioni corrispondenti. Si consiglia di stampare le dispense e portarle a lezione. La partecipazione attiva alle lezioni è fortemente consigliata. Questa deve essere completata da studio individuale.

#### *Programma (contenuti dell'insegnamento)*

- Lezione introduttiva
- Instabilità e transizione



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- Caratteristiche generali dei flussi turbolenti.
- Descrizione statistica di flussi turbolenti.
- Flussi con taglio: getto circolare, getto piano, mixing-layer piano, scia piana e assialsimmetrica.
- Turbolenza di parete: canale turbolento, flusso turbolento in un condotto, strato limite su lastra piana, effetto di un gradiente di pressione, strutture coerenti della turbolenza di parete.
- Turbolenza omogenea e isotropa. Modelli teorici e leggi di scala.
- Simulazione numerica di flussi turbolenti: simulazione numerica diretta, equazioni di Navier-Stokes mediate alla Reynolds (RANS), modelli di chiusura delle equazioni RANS, simulazione large eddy (LES), metodi ibridi RANS/LES (Prof.ssa M. V. Salvetti).

### Bibliografia e materiale didattico

Materiale didattico: copie di lucidi resi disponibili su e-learning ([elearn.ing.unipi.it](http://elearn.ing.unipi.it)) prima della lezione da integrare con appunti presi a lezione. Altro materiale didattico anche disponibile su e-learning.

Testi consigliati (approfondimenti):

- S.B. Pope, Turbulent Flows, Cambridge University Press, 2000.
- P.A. Durbin, B.A. Pettersson Reif, Statistical Theory and Modeling for Turbulent Flows, Wiley, 2001.
- H. Tennekes and J.L. Lumley, A first course in Turbulence, MIT University Press, 1972
- D.C. Wilcox, Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries, 2004.
- P. Sagaut, Large Eddy Simulation for Incompressible Flows, Springer, 2001.
- P. Sagaut, S. Deck and M. Terracol, Multiscale and Multiresolution Approaches in Turbulence, Imperial College Press, 2013.
- P.J. Schmid and D.S. Henningson, Stability and Transition in Shear Flows, Applied Mathematical Sciences, Springer, 2001.
- A. Davidson, Turbulence: An Introduction For Scientists and Engineers, Oxford University Press, 2015.

### Indicazioni per non frequentanti

Si **consiglia** vivamente di seguire le lezioni e di studiare la materia **durante** il semestre. Per chi fosse impossibilitato a seguire attivamente il Corso, si consiglia di reperire il materiale fornito su e-learning, in maniera tale da preparare correttamente l'esame. I testi consigliati possono fornire alcune utili integrazioni nella preparazione dell'esame finale.

### Modalità d'esame

Esame orale (3 domande sulle tre parti principali del corso, instabilità, generalità sui flussi turbolenti, metodi e modelli per la simulazione numerica di flussi turbolenti, durata 1 ora).

### Altri riferimenti web

I registri delle lezioni sono disponibili sul sito di Ateneo Unimap, al seguente indirizzo:  
[http://unimap.unipi.it/cercapersone/dettaglio.php?ri=5457&template=dett\\_didattica.tpl](http://unimap.unipi.it/cercapersone/dettaglio.php?ri=5457&template=dett_didattica.tpl)

### Note

Ricevimento su appuntamento per e-mail

Ultimo aggiornamento 24/10/2023 12:56