



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE

**SIMONE CAMARRI**

Anno accademico 2023/24  
CdS INGEGNERIA AEROSPAZIALE  
Codice 454II  
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FLUIDODINAMICA COMPUTAZIONALE	ING-IND/06	LEZIONI	60	SIMONE CAMARRI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Il corso ha lo scopo di introdurre i metodi di discretizzazione più utilizzati per le equazioni alle derivate parziali di interesse fluidodinamico e di specializzarli per le equazioni di Navier Stokes, con particolare attenzione dedicata al caso di flussi incompruibili.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Le conoscenze apprese durante il corso vengono verificate tramite la realizzazione di un progettino dedicato (o in alternativa una serie di esercizi assegnati durante il corso) prima dell'esame orale e successivamente in sede di esame orale.

#### *Capacità*

Alla fine del corso lo studente dovrà avere una conoscenza di base sulle metodologie più utilizzate per la discretizzazione delle equazioni alle derivate parziali di interesse fluidodinamico, le problematiche relative al caso specifico delle equazioni di Navier Stokes (con focus sul caso incompruibile). Le conoscenze apprese dovrebbero consentire allo studente un uso più consapevole dei codici CFD esistenti, sia open source che proprietari.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Sia tramite realizzazione di un progettino dedicato a casa sia tramite esame orale.

#### *Comportamenti*

Lo studente dovrà acquisire rigore e metodo nell'affrontare lo studio della fluidodinamica computazionale.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

In sede di esame

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Fluidodinamica. Una conoscenza di base di metodi numerici di base è auspicabile anche se non richiesta.

#### *Indicazioni metodologiche*

Le lezioni e le esercitazioni sono frontali e sono tenute alla lavagna. Le esercitazioni, che vengono svolte ogni settimana, sono effettuate con l'ausilio di vari software tra cui MATLAB e FREEFEM++. Alcune esercitazioni saranno tenute in linguaggio Python. Il materiale didattico aggiuntivo rispetto ai testi di riferimento e il materiale delle esercitazioni è distribuito sulla piattaforma google classroom. La partecipazione attiva alle lezioni è fortemente consigliata. Questa deve essere completata da studio individuale.

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

- 1) Classificazione delle equazioni alle derivate parziali. Proprietà generali dei problemi di tipo iperbolico, ellittico e parabolico.
- 2) Errore di troncamento e sua definizione. Concetto di velocità di convergenza. Concetti di consistenza, stabilità e convergenza di uno schema numerico con riferimento al metodo alle DF.
- 3) Metodo alle differenze finite (DF).



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

- 4) Applicazione del metodo delle DF a problemi non lineari
- 5) Tecnica della Deferred Correction con esempio alle DF. Schemi alle DF compatti. Metodo ai domini immersi per bordi non conformi alla griglia (cenni). Metodo di penalizzazione per bordi non conformi (cenni).
- 6) Discretizzazione del problema di Stokes e delle equazioni di Navier Stokes nel caso incomprimibile con metodo alle DF e stabilizzazione della pressione tramite griglia MAC.
- 7) Formulazione debole di un problema alle derivate parziali con esempi. Teorema di Lax-Milgram.
- 8) Metodo agli elementi finiti
- 9) Metodi pseudospettrali
- 10) Metodi per la discretizzazione di problemi parabolici
- 11) Analisi di stabilità iterativa di metodi per l'avanzamento di PDE paraboliche nella direzione di parabolicità.
- 12) Metodo ai volumi finiti.
- 13) Schemi alle differenze finite e ai volumi finiti per problemi di tipo iperbolico.
- 14) Metodi agli elementi finiti: stabilizzazione di problemi a convezione dominante: metodi fortemente consistenti (SUPG, GALS)
- 15) Illustrazione delle strategie per la risoluzione delle equazioni di Navier Stokes in caso incomprimibile: metodi di fattorizzazione approssimata (Chorin Temam algebrico, Yosida) e metodi iterativi con fattorizzazione approssimata come preconditionatore (esempi SIMPLE, PISO).

### Bibliografia e materiale didattico

I testi di riferimento citati durante il corso sono i seguenti:

- 1) C.A.J. Fletcher, "Computational techniques for fluid dynamics, Volume I", Springer (1988)
- 2) Ferziger & Peric: "Computational Methods for Fluid Dynamics", Springer.
- 3) "The finite volume method in computational fluid dynamics", F. Moukalled, L. Mangani e M. Darwish, Springer 2015
- 4) A. Quarteroni: "Modellistica numerica per problemi differenziali", Springer

### Indicazioni per non frequentanti

Il programma d'esame e la modalità d'esame sono gli stessi per i frequentanti e per i non frequentanti

### Modalità d'esame

L'esame prevede la realizzazione di un progettino a casa (o in alternativa una serie di esercizi assegnati durante il corso) e di un esame orale.

### Altri riferimenti web

I registri delle lezioni sono disponibili sul sito web di Ateneo Unimap (<http://unimap.unipi.it/>).

### Note

Ricevimento: Venerdì mattina – DIC1, sede Ingegneria Aerospaziale, Via G. Caruso, 8 – meglio inviare e-mail prima per conferma o eventuale altro appuntamento

Ultimo aggiornamento 03/10/2023 11:10