

## Programma del Corso di “Calcolo Numerico”

C.L. Ing. Meccanica  
Proff. F. Pitolli, F. Battista  
A.A. 2013-2014

I testi di riferimento sono i seguenti:

[A] L. Gori, *Calcolo Numerico* (V Ediz.), Ed. Kappa, Roma, 2006.

[B] L. Gori, M.L. Lo Cascio, F. Pitolli, *Esercizi di Calcolo Numerico* (II Ed.), Ed. Kappa, Roma, 2007.

[C] F. Pitolli, *Metodi alle differenze finite per problemi ai limiti*, Dispensa 2010.

Ulteriore materiale è disponibile sulla pagina e-learning Sapienza del corso.

**I. Nozioni introduttive:** Introduzione al calcolo scientifico. Rappresentazione dei numeri, errori di arrotondamento e loro propagazione. Condizionamento di un problema. Stabilità di un algoritmo.

**II. Soluzione numerica del problema di Cauchy:** Richiami. Generalità sui metodi numerici, errore locale e globale di troncamento, convergenza, consistenza, stabilità, teorema di equivalenza di Lax. Metodi one-step espliciti e loro convergenza. Metodo di Eulero, metodo di Heun, metodi di Runge-Kutta. Metodi impliciti, metodi predictor-corrector, metodo di Eulero modificato. Soluzione di sistemi di equazioni differenziali.

[A] Cap. 9: §§ 9.1-9.6, 9.8 (solo metodo di Eulero modificato), 9.14

[B] *Esercizi consigliati: 6.1-6.8*

**III. Problemi ai limiti:** Generalità sui problemi ai limiti per equazioni differenziali ordinarie. Metodi alle differenze finite, formule alle differenze finite centrate. Concetti di convergenza, consistenza e stabilità. Schema lineare, e sua convergenza. Cenni sullo schema non lineare.

[C] §§ 1-3, [A] Cap. 9: §§ 9.13 (solo metodi alle differenze finite)

*Esercizi disponibili sulla pagina e-learning Sapienza del corso*

**IV. Schemi alle differenze finite per le equazioni alle derivate parziali:** Generalità sulle equazioni alle derivate parziali. Soluzione analitica e schemi numerici per l'equazione del trasporto; schema upwind, schema di Crank-Nicholson. Soluzione analitica e schemi numerici per l'equazione della propagazione del calore; schemi FTCS e FTCSBTCS. Cenni sugli schemi numerici per le equazioni ellittiche.

[A] Cap. 10: §§ 10.1, 10.3, 10.4 (metodo upwind e metodo di Crank-Nicholson)

*Esercizi disponibili sulla pagina e-learning Sapienza del corso*

**V. Metodi numerici per la soluzione dei sistemi lineari:** Metodi diretti, fattorizzazione LU e sue applicazioni, algoritmi di sostituzione indietro e in avanti per matrici triangolari, algoritmo di Thomas per la soluzione di sistemi lineari tridiagonali. Costo computazionale degli algoritmi. Generalità sui metodi iterativi, errore di troncamento, norme di vettore e di matrice e loro proprietà, convergenza dei metodi iterativi, velocità asintotica di convergenza, criteri di arresto. Metodi di Jacobi e di Gauss-Seidel e loro convergenza. Matrici definite positive e loro proprietà. Condizionamento di un sistema lineare.

[A] Cap. 2: §§ 2.1-2.5, 2.9-2.11, Cap. 4: §§ 4.1-4.5, 4.8, 4.10 (solo enunciati dei teoremi), 4.12

[B] *Esercizi consigliati: 2.1-2.5, 2.19-2.25*

**VI. Equazioni e sistemi di equazioni non lineari:** Generalità sulle equazioni e sui sistemi di equazioni non lineari. Metodi iterativi a un punto, errore di troncamento, concetti di convergenza, ordine e velocità di convergenza, criteri di arresto. Metodo delle approssimazioni successive in  $R^n$  e sua convergenza, metodo di Newton in  $R^n$  e sua convergenza. Metodi delle tangenti e delle secanti per una equazione non lineare. Cenni al metodo di bisezione.

[A] Cap. 2: § 2.11, Cap. 3: §§ 3.1-3.3, 3.5 (esclusi i teoremi), 3.6, 3.7, 3.9, 3.10; [C] §3

[B] *Esercizi consigliati: 1.3-1.11, 1.13-1.14, 1.21 (si risolvano gli esercizi utilizzando solo i metodi delle tangenti e delle secanti)*

## VII. Approssimazione di dati e funzioni

Generalità sul problema dell'approssimazione: spazi di funzioni approssimanti, criteri di approssimazione, fonti di errore nell'approssimazione. Generalità sull'approssimazione lineare ai minimi quadrati. Approssimazione polinomiale ai minimi quadrati. Interpolazione polinomiale; generalità; errore di troncamento, errore propagato. Espressione di Lagrange del polinomio interpolatore ed espressione dell'errore di troncamento. Cenni all'integrazione numerica: formula dei trapezi.

[A] Cap. 6: §§ 6.1, 6.2, 6.3 (escluse dimostrazioni), 6.12

[B] *Esercizi consigliati: 3.4-3.6, 3.8-3.9, 3.12, 3.18, 3.20-3.21*

## VIII. Elementi di programmazione in Fortran:

Generalità sui calcolatori e sui sistemi operativi: architettura di un calcolatore, sistemi operativi, Ubuntu e sua installazione. Definizione di programma, algoritmo e compilatore. Introduzione ai linguaggi di programmazione: definizione di linguaggio di basso e alto livello, il Fortran90. Elementi di programmazione in Fortran90. Tipi di variabili: interi, reali in singola e doppia precisione, stringhe di caratteri, variabili logiche. Dichiarazione di variabili e operazioni tra variabili. Lettura e scrittura da terminale, lettura da file e scrittura su file. Formati di scrittura. Le funzioni intrinseche; funzioni trigonometriche e funzioni iperboliche. Cicli enumerativi. Espressioni logiche. Istruzioni condizionali e cicli condizionati. Subroutine e funzioni. Cenni sul programma di visualizzazione Gnuplot.

**Algoritmi in Fortran:** metodi di Eulero, di Heun e di Runge-Kutta classico per la soluzione numerica di equazioni e sistemi di equazioni differenziali ordinarie; metodi alle differenze finite per la soluzione numerica dei problemi ai limiti; soluzione numerica dell'equazione di convezione lineare con un metodo al primo ordine nel tempo e primo e secondo ordine nello spazio; soluzioni numerica con schema al primo ordine nel tempo e centrato al secondo ordine per la derivata seconda nello spazio (FTCSBTCS), schema esplicito (FTCS); metodi di Jacobi e di Gauss-Seidel per la soluzione numerica di sistemi lineari; schema numerico per la soluzione del problema fluidodinamico del flusso di Poiseuille 2D; schemi numerici per la soluzione del problema di convezione naturale in formulazione vorticità/funzione di corrente per flussi 2D incomprimibili; metodo delle tangenti e delle secanti per la soluzione numerica di un'equazione non lineare. *Materiale disponibile sulla pagina e-learning Sapienza del corso.*

*Esercizi d'esame consigliati: 7.2, 7.11, 7.13, 7.15, 7.16, 7.18-7.19, 7.22, 7.29, 7.32, 7.35-7.37, 7.39, 7.41, 7.49-7.53, 7.57-7.61, 7.64, 7.76, 7.80, 7.85 (si risolvano gli esercizi sulle equazioni non lineari utilizzando i metodi delle tangenti e delle secanti)*