



---

INSEGNAMENTO: Modelli numerici per campi e circuiti

---

DOCENTE: Raffaele Fresa

---

e-mail: raffaele.fresa@unibas.it

sito web:

<http://informatica.unibas.it/moodle/mod/page/view.php?id=7259>

---

Lingua di insegnamento: Italiano

---

n. CFU: 9

n. ore: 78

A.A.: 2015-2016

Sede: Potenza

Semestre: II

---

#### CONTENUTI

Il corso di Modelli numerici per campi e circuiti si propone di fornire un approccio integrato ai problemi propri dell'ingegneria dei circuiti elettrici e dei campi elettromagnetici, nel quale le formulazioni stesse del problema sono ricavate prevedendo che esso debba essere risolto per via numerica, e le tecniche numeriche sono introdotte tenendo presente le caratteristiche del problema numerico da risolvere.

---

#### METODI DIDATTICI (barrare una o più caselle)

- Lezioni teoriche frontali
  - Esercitazioni
  - Esercitazioni in laboratorio
  - Esercitazioni progettuali
  - Visite tecniche
  - Altro (specificare) \_\_\_\_\_
- 

#### TESTI DI RIFERIMENTO

- Dispense del Prof. Fresa.
  - F. Trevisan, F. Villone, Modelli numerici per campi e circuiti, SGE Padova.
  - S. C. Chapra, R. P. Canale, Metodi Numerici per l'Ingegneria, McGraw-Hill.
- 

#### MATERIALE DIDATTICO ON-LINE

indirizzo web: \_\_\_\_\_

---

#### OBIETTIVI FORMATIVI

Conoscenza e Comprensione

All'allievo ingegnere viene fornita una conoscenza critica degli strumenti numerici di risoluzione dei modelli matematici associati ai problemi così da renderlo abile ad interpretare correttamente i risultati ottenuti alla luce dei fenomeni fisici coinvolti.

Capacità di Applicare Conoscenza e Comprensione

Alla fine del corso sarà in grado di utilizzare consapevolmente le principali tecniche numeriche (differenze finite, elementi finiti) per risolvere problemi di interesse ingegneristico attraverso l'ausilio dell'elaboratore elettronico.

---

#### PREREQUISITI

I contenuti dei corsi di matematica e fisica di base e del corso di Elettrotecnica.

---

#### MODALITA' DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO (barrare una o più caselle)

- Prove di verifica intermedie
  - Esame scritto
  - Discussione di un elaborato progettuale
  - Prova pratica
  - Esame orale
  - Altro (specificare) \_\_\_\_\_
- 

#### PROGRAMMA ESTESO

Approssimazioni ed errori. Cifre significative, accuratezza e precisione. Definizione degli errori: errore vero, errore relativo, errore relativo percentuale. Errori di arrotondamento: regole per l'arrotondamento. Errori di troncamento: serie di Taylor; resto dell'espansione in serie di Taylor; uso della serie di Taylor per la stima degli errori di

---



---

troncamento: equazioni alle differenze finite divise; derivazione numerica: approssimazione delle derivate tramite differenze finite in avanti, all'indietro e centrali. Errore numerico globale. Errori banali: sviste, errori di formulazione, incertezze nei dati

Ricerca di radici di equazioni algebriche scalari. Soluzione di equazioni algebriche attraverso metodi iterativi. Metodi grafici. Metodi chiusi: metodo di bisezione; metodo della falsa posizione. Metodi aperti: metodo del punto fisso o metodo di Picard; metodo di Newton-Raphson. metodo delle secanti. Convergenza, velocità di convergenza, stima dell'errore. Il problema delle radici multiple. Applicazioni a semplici circuiti statici non lineari.

Formulazioni dei problemi circuitali. Leggi di Kirchhoff in forma matriciale. Richiami di elementi di topologia dei circuiti: albero, coalbero, maglie fondamentali, insiemi di taglio. Matrice Q di insieme di taglio fondamentale. Matrice B di maglia fondamentale. LKT sulla base delle tensioni di albero. Relazione tra Q e B. LKC sulla base delle correnti di albero. Equazioni di tableau per i circuiti resistivi: generalizzazione dell'analisi di Tableau. Equazioni di nodo per i circuiti resistivi. Circuiti dinamici generali. Analisi di nodo modificata. Analisi mediante le variabili di stato.

Sistemi di equazioni algebriche lineari e non lineari. Metodi diretti. Metodo di Cramer, costo computazionale. Metodo di eliminazione Gaussiana: pivoting, (parziale e completo), compensazione degli errori. Metodo di Gauss-Jordan. Inversione di matrici. Fattorizzazione LU. Costo computazionale. Esistenza ed unicità della fattorizzazione LU. Matrice di permutazione. Il problema del condizionamento di una matrice. Proprietà spettrali di una matrice. Numero di condizionamento di una matrice. Metodi iterativi: metodo di Jacobi, metodo di Gauss-Seidel, metodo del gradiente coniugato. Criteri di convergenza dei metodi iterativi. Applicazioni. Sistemi di equazioni non lineari: metodo di Picard; metodo di Newton-Raphson.

Interpolazione. Formule di interpolazione di Newton alle differenze finite divise: Interpolazione lineare; interpolazione quadratica, forma generale della formula di Newton, analisi dell'errore per la formula di Newton. Formula di Lagrange. Interpolazione mediante funzioni splines: splines lineari; splines quadratiche; splines cubiche; algoritmo per l'interpolazione mediante splines cubiche

Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine a derivate ordinarie. Problema ai valori iniziali o problema di Cauchy. Soluzione del problema di Cauchy con il metodo delle differenze finite. Metodo di Eulero esplicito e metodo di Eulero implicito. Metodo di Crank-Nicholson. Consistenza, stabilità numerica, convergenza. Criteri di stabilità numerica. Proprietà delle frequenze naturali di un sistema di equazioni differenziali ordinarie del primo ordine, lineari e tempo-invarianti. Ordine di convergenza e stima dell'errore. Errore di troncamento, errore di arrotondamento.

Formulazioni dei problemi di campo. Le equazioni di Maxwell nei vari limiti. I modelli statici: conduzione stazionaria; elettrostatica; magnetostatica: formulazione A (potenziale vettore),  $\phi$  (potenziale ridotto),  $\phi$ - $\psi$  (potenziale ridotto-totale), A- $\phi$  (potenziale vettore ridotto). I modelli quasi-statici: elettro-quasi-statica; magneto-quasi-statica: formulazioni magnetiche ed elettriche in termini di campo, mista e di potenziale: H, H- $\Omega$ , T- $\Omega$ - $\Omega$ , A\*, A\*- $\Omega$ , A\*- $\phi$ - $\Omega$ . Propagazione e Full Maxwell: la formulazione basata sulla minimizzazione dell'errore costitutivo. Formulazioni deboli: il metodo dei residui pesati. Formulazioni variazionali: applicazione all'elettrostatica. Formulazioni integrali: caso elettrostatico e caso magneto-quasi-statico

Equazioni differenziali a derivate parziali. Classificazione delle equazioni alle derivate parziali (PDE): ellittiche, paraboliche, iperboliche. Metodi analitici per la soluzione delle PDE : Funzione di Green; separazione delle variabili, trasformazioni conformi. Metodi numerici. Soluzione dell'equazione di Poisson e dell'equazione di propagazione attraverso il metodo delle differenze finite. Convergenza, errore, stabilità numerica. Metodo degli elementi finiti: discretizzazione del dominio attraverso simplices; interpolazione attraverso funzioni di forma affini. Soluzione dell'equazione di Poisson 2D con condizioni al contorno non omogenee attraverso i metodi di Ritz e Galerkin. Convergenza della soluzione. Tecniche per l'imposizione delle condizioni di regolarità all'infinito.

Simulazione al computer della soluzione di problemi elettromagnetici attraverso metodi FEM.

---

DATE DI ESAME PREVISTE

09/02/2016; 15/03/2016; 12/04/2016; 31/05/2016; 28/06/2016; 05/07/2016; 19/07/2016; 20/09/2016; 18/10/2016; 22/11/2016; 13/12/2016;

---

SEMINARI DI ESPERTI ESTERNI    SI ■    NO □

---

ALTRE INFORMAZIONI

---



Università degli Studi della Basilicata  
**Scuola di Ingegneria**