



ANNO ACCADEMICO: 2016/2017			
INSEGNAMENTO/MODULO: Modelli numerici per campi e circuiti			
TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ FORMATIVA: Caratterizzante			
DOCENTE: Raffaele Fresa			
e-mail: raffaele.fresa@unibas.it		sito web: http://informatica.unibas.it/moodle/mod/page/view.php?id=7259	
telefono: 0971 205162		cell. di servizio: 3204371300	
Lingua di insegnamento: Italiana			
n. CFU: 9	n. ore: 78	Sede: Potenza Scuola di Ingegneria CdS: Ingegneria Inf. e delle Tecnologie dell'Informazione	Semestre: II

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO

- **Conoscenza e capacità di comprensione:** L'obiettivo principale del corso consiste nel fornire una conoscenza critica degli strumenti numerici di risoluzione dei modelli matematici associati ai problemi ingegneristici a carattere elettromagnetico o multi-fisico, in modo da rendere l'allievo ingegnere capace interpretare correttamente i risultati ottenuti alla luce dei fenomeni fisici coinvolti.
- **Capacità di applicare conoscenza e comprensione:** Alla fine del corso l'allievo 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
- **Autonomia di giudizio:** Lo studente deve essere in grado di sapere valutare in maniera autonoma le semplificazioni e gli elementi essenziali nella definizione dei modelli numerici atti a simulare il comportamento di un sistema elettromagnetico complesso.
- **Abilità comunicative:** Lo studente deve avere la capacità di presentare un elaborato illustrativo delle ipotesi adottate e delle metodologie seguite per pervenire alla soluzione di un problema ingegneristico.
- **Capacità di apprendimento:** Lo studente deve essere in grado di recuperare sul web o attraverso la consultazione di testi scientifici i parametri caratteristici associati alle relazioni costitutive del dominio, i modelli matematici maggiormente utilizzati per affrontare lo specifico problema sotto indagine; ed ancora di individuare i solutori più efficienti per risolvere il particolare modello matematico descrittivo del problema.

PREREQUISITI

Indicazioni per la compilazione (gli esempi sono puramente indicativi e, inoltre, rappresentano un riferimento utile per la lunghezza del testo di ciascun campo):

Indicare le conoscenze di base per la comprensione dei contenuti del corso. Descrivere gli eventuali vincoli provenienti da insegnamenti indicati come propedeutici, le conoscenze e le abilità che vengono ritenute già acquisite e sulle quali si fonderanno gli sviluppi del modulo/dell'insegnamento.

È necessario avere acquisito e assimilato le seguenti conoscenze fornite dai corsi di matematica e fisica di base e del corso di Elettrotecnica.

- Rappresentazione di un dominio nei sistemi cartesiano, cilindrico, sferico;
- Equazioni differenziali alle derivate parziali;
- Operatori differenziali ed identità fondamentali;
- Equazioni di Maxwell in forma locale ed integrale;
- Classificazione elettrica e magnetica dei materiali.

CONTENUTI DEL CORSO

Approssimazioni ed errori. (3 ore)

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 (3 ore)

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.

Sistemi di equazioni algebriche lineari e non lineari. (9 ore)

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.

Formulazioni dei problemi circuitali. (6 ore)

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 differenziali del primo ordine a derivate ordinarie. (3 ore)

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. (15 ore)

Le equazioni di Maxwell nei vari limiti. I modelli statici: conduzione stazionaria; elettrostatica; magnetostatica: formulazione A (potenziale vettore), ϕ (potenziale ridotto), ϕ - ψ (potenziale ridotto-totale), A- ϕ (potenziale vettore ridotto). I modelli quasi-statici: elettro-quasi-statica; magneto-quasi-statica: formulazioni magnetiche ed elettriche in termini di campo e di potenziale: H, H- Ω , T- Ω - Ω , A*, A*- Ω , A*- ϕ - Ω . 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. (12 ore)

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 e multifisici attraverso metodi FEM. (27 ore)

METODI DIDATTICI

Il corso prevede 78 ore di didattica tra lezioni ed esercitazioni. In particolare sono previste 51 ore di lezione in aula e 27 ore di esercitazioni guidate in laboratorio.

MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

L'obiettivo della prova d'esame consiste nel verificare il livello di raggiungimento degli obiettivi formativi precedentemente indicati e nell'incoraggiare una cooperazione costruttiva degli studenti orientata al "problem solving". Allo scopo, gli studenti formano gruppi di due o tre unità e a ciascun gruppo viene richiesto di risolvere mediante un software di simulazione un problema elettromagnetico o multifisico. L'esame consiste nella discussione dell'elaborato progettuale relativo alla definizione e soluzione del problema.

TESTI DI RIFERIMENTO E DI APPROFONDIMENTO, MATERIALE DIDATTICO ON-LINE

Indicazioni per la compilazione (gli esempi sono puramente indicativi e, inoltre, rappresentano un riferimento utile per la lunghezza del testo di ciascun campo):



-
- Dispense del docente.
 - 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.
-

METODI E MODALITÀ DI GESTIONE DEI RAPPORTI CON GLI STUDENTI

All'inizio del corso, dopo aver descritto obiettivi, programma e metodi di verifica, il docente mette a disposizione degli studenti il materiale didattico che consiste in dispense e programmi in formato Matlab e Comsol.

Contestualmente, si raccoglie l'elenco degli studenti che intendono iscriversi al corso, corredato di nome, cognome, matricola ed email.

Orario di ricevimento: martedì dalle 9.30 alle 10.30 presso il proprio studio sito al V piano della Scuola di Ingegneria.

Oltre all'orario di ricevimento settimanale, il docente è disponibile in ogni momento per un contatto con gli studenti, attraverso la propria e-mail o il cellulare di servizio

DATE DI ESAME PREVISTE¹

08/02/2017; 15/03/2017; 12/04/2017; 31/05/2017; 28/06/2017; 05/07/2017; 19/07/2017; 20/09/2017; 18/10/2017; 22/11/2017; 13/12/2017;

SEMINARI DI ESPERTI ESTERNI SI NO

ALTRE INFORMAZIONI

¹ Potrebbero subire variazioni: consultare la pagina web del docente o del Dipartimento/Scuola per eventuali aggiornamenti