

Principali informazioni sull'insegnamento	
Titolo insegnamento	ANALISI NUMERICA
Corso di studio	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI L30
Crediti formativi	7
Denominazione inglese	NUMERICAL ANALYSIS AND CODING
Obbligo di frequenza	Secondo regolamento didattico
Lingua di erogazione	ITALIANO

<b>Docente responsabile</b>	CINZIA ELIA	cinzia.elia@uniba.it	
<b>Dettaglio crediti formativi</b>	Ambito disciplinare	SSD	Crediti
	Base+Formativa	MAT08-INF01	7
<b>Modalità di erogazione</b>	Periodo di erogazione	Anno di corso	Modalità di erogazione
	I° semestre	II°	Lezioni frontali ( 32h ) Esercitazioni (15h) Laboratorio (30h)
<b>Organizzazione della didattica</b>	Ore totali	Ore di corso	Ore di studio individuale
	187	77	110
<b>Calendario</b>	Inizio attività didattiche	Fine attività didattiche	
	Secondo regolamento didattico	Secondo regolamento didattico	
<b>Syllabus</b>			
Prerequisiti	Geometria analitica (piano cartesiano e luoghi geometrici: rette e coniche). Analisi Matematica (funzioni, successioni). Algebra lineare (matrici, vettori, spazi vettoriali, sottospazi).		
Risultati di apprendimento previsti	<p><b>Conoscenza e capacità di comprensione</b> Conoscenza teorica e pratica di tecniche numeriche necessarie alla risoluzione di problemi e modelli la cui soluzione analitica non è nota. Comprensione del concetto di algoritmo e di problema ben condizionato, entrambi essenziali per la simulazione accurata del modello reale di partenza. Conoscenza di elementi di base di programmazione.</p> <p><b>Conoscenza e capacità di comprensione applicate</b> Realizzazione di programmi per opportune simulazioni numeriche. Ideazione di problemi test atti alla verifica dei propri programmi.</p> <p><b>Autonomia di giudizio</b> Abilità nel riconoscere le tecniche più efficienti per la risoluzione di un problema dato. Selezione delle soluzioni più adeguate ai propri scopi.</p> <p><b>Abilità di comunicazione</b> Competenze nella comunicazione in lingua italiana. Presentazione di un problema reale, del modello scelto per rappresentarlo, delle tecniche adeguate alla risoluzione del modello suddetto e descrizione della soluzione ottenuta in luce del problema di partenza. Capacità di lavorare in gruppo, e di inserirsi in modo rapido ed efficace negli ambienti di lavoro.</p>		
Contenuti in breve	Risoluzione di sistemi lineari. Interpolazione e approssimazione. Ricerca di zeri di funzione. Tecniche numeriche per equazioni differenziali. Elementi di programmazione.		
Programma in dettaglio	<b>Teoria</b>		

Algebra lineare e sistemi lineari.

Matrici. Prodotto matrice vettore rivisto come combinazione lineare delle colonne di  $A$  attraverso i coefficienti del vettore  $b$ .

Sistemi omogenei con una o infinite soluzioni. Nucleo di una matrice  $N(A)$ . Teorema con dimostrazione:  $N(A)$  è un sottospazio di  $R^n$ .

Teorema con dimostrazione: Sistemi non omogenei,  $A$  quadrata,  $Ax=b$  ammette una ed una sola soluzione se e solo se le colonne di  $A$  sono linearmente indipendenti. Spazio immagine di  $A$  e rango di  $A$ .

Determinante di una matrice  $2 \times 2$ . Teorema con dimostrazione:  $\det(A) \neq 0$  se e solo se le colonne di  $A$  sono linearmente indipendenti.

Costo computazionale delle regole di Laplace per il determinante delle matrici piene. Determinante di matrici triangolari. Teorema: Il determinante è zero se e soltanto se le colonne di  $A$  sono linearmente

indipendenti. Dimostrazione nel caso di  $A$  triangolare. Proprietà del determinante necessarie per la descrizione del metodo di Gauss, con

dimostrazioni solo nel caso di matrici  $2 \times 2$ . Costo computazionale della regola di Cramer e necessità di algoritmi meno costosi per il

calcolo numerico delle soluzioni dei sistemi lineari. Sistemi lineari con matrice dei coefficienti triangolare inferiore. Algoritmo di sostituzione in avanti. Algoritmo di sostituzione all'indietro. Eliminazione di Gauss e fattorizzazione LU.

Statistica: Retta di regressione lineare e minimi quadrati.

Zeri di funzione: Metodo delle bisezioni. Descrizione e teorema di convergenza con dimostrazione. Data una funzione di cui si vuole

approssimare lo zero, ricerca dell'intervallo  $[a, b]$  che contiene lo zero e determinazione a priori del numero di iterate necessarie per approssimare lo zero con  $k$  cifre significative. Metodo di Newton.

Descrizione e teorema di convergenza senza dimostrazione. Velocità di convergenza. Iterazioni di punto fisso. Definizione delle iterazioni, interpretazione geometrica. Teorema sulla esistenza e unicità del punto fisso. Metodo delle secanti.

Interpolazione polinomiale

Esistenza e unicità del polinomio di interpolazione. Sistemi lineari con matrice di Vandermonde. Malcondizionamento della matrice di

Vandermonde. Base di Lagrange per lo spazio dei polinomi. Polinomio di interpolazione di Lagrange. Esempio nel caso di due nodi. Formula

dell'errore con dimostrazione nel caso di due nodi. Generalizzazione della formula dell'errore nel caso di  $N$  nodi. Convergenza del

polinomio alla funzione di partenza. Commenti sulle oscillazioni agli estremi del polinomio  $p_n(x)$  nel caso di nodi equidistanti.

Interpolazione lineare a tratti per risolvere il problema delle oscillazioni.

Metodi numerici per la risoluzione di ODEs.

Metodo di Eulero Esplicito. Errore locale ed errore globale.

Convergenza della soluzione numerica a quella teorica.

Comportamento qualitativo: stabilità lineare del metodo; problema test.

### **Laboratorio**

Introduzione al Matlab. Command Window come ambiente di lavoro per eseguire i calcoli. Uso di variabili. Funzioni predefinite del Matlab: sqrt, abs, cos, sin, log, log10, exp. Grafico di funzioni, uso di plot ed

	<p>ezplot. Vettori e matrici: inserimento manuale o tramite funzioni predefinite (ones, eye, rand). Uso del semicolon. Funzione size. Manipolazione di righe o colonne. Estrazione di sottomatrici. Uso del comando help per utilizzare le funzioni predefinite del Matlab in autonomia.</p> <p>Ciclo for. Applicazione a decadimento radioattivo e al calcolo della media delle componenti di un vettore. Creazione di function media. Test della function tramite problema test.</p> <p>Algebra lineare e sistemi lineari. Algoritmo di sostituzione in avanti. Algoritmo di sostituzione all'indietro. Uso della function lu del Matlab insieme a sostituzione in avanti e all'indietro per la risoluzione di un sistema lineare. Matrici malcondizionate. Esempi teorici e numerici con matrici 2x2. Test di malcondizionamento tramite risoluzione di sistemi lineari con vettore dei termini noti perturbato o con vettore soluzione noto. Function per creare matrice di Hilbert di dimensione crescente per test di malcondizionamento.</p> <p>Statistica. Uso dei dati dal sito census.gov per retta di regressione lineare e approssimanti polinomiali ai minimi quadrati di grado 2 e 3. Malcondizionamento della matrice <math>A^T A</math> per problemi di grado più elevato. Verifica sperimentale. Caricamento del file accidents dal Matlab. Esperimenti su retta di regressione lineare. Creazione di esempi didattici ad hoc per simulazioni dei minimi quadrati.</p> <p>Istruzioni while ed if del Matlab. Applicazioni alla verifica di convergenza di successioni.</p> <p>Zeri di funzione. Function bisezioni, Newton e secanti. Ricerca del punto di partenza della successione di Newton a partire dal grafico della funzione. Confronti tra le velocità di convergenza dei tre metodi. Natura locale del metodo di Newton: esempio con <math>f(x) = \arctan(x)</math> e <math>f(x) = x^3 + 4x^2 - 10</math>. Metodo di Newton applicato alla funzione <math>f(x) = \cosh(x) + \cos(x) - \gamma</math>, <math>\gamma = 1, 2, 3</math>. Caso di zeri multipli e opportune modifiche.</p> <p>Interpolazione polinomiale. Convergenza del polinomio di interpolazione alla funzione <math>f(x) = \sin(x)</math>. Esempio di oscillazioni agli estremi con la funzione di Runge. Uso della funzione predefinita interp del Matlab.</p> <p>Metodi numerici per la risoluzione di ODEs. Function metodo Eulero Esplicito. Function predefinita del Matlab ODE45. Applicazioni ai circuiti elettrici e alle reazioni chimiche, risoluzione con Eulero Esplicito ode45 : 1) oscillatore armonico con frequenza naturale 1,2,3; 2) oscillatore armonico con attrito; 3) oscillatore armonico con forza esterna periodica in risonanza e non; 4) oscillatore armonico con attrito e forza esterna periodica; 5) oscillatore non lineare di Duffing; 6) Brusselator.</p>
--	---

Testi di riferimento	<p>Introduzione al Calcolo Scientifico-Metodi e Applicazioni con Matlab, Giovanni Naldi, Lorenzo Pareschi e Giovanni Russo, Mcgraw-Hill.</p> <p>Introduzione al Calcolo Scientifico, Quarteroni e Saleri, Springer.</p>
Note ai testi di riferimento	Solo alcuni capitoli.
Metodi didattici	Lezioni frontali alla lavagna. Lezioni al calcolatore per la parte di programmazione.

Metodi di valutazione	Prova al calcolatore: realizzazione di un programma con test ideato dallo studente. Solo al superamento della prova di laboratorio, lo studente sarà ammesso alla prova orale. La prova di laboratorio e quella orale concorrono in egual misura al voto finale.
Criteri di valutazione	<p>Lo studente, dovrà dimostrare comprensione e padronanza degli argomenti in programma. In particolare, dato un certo problema, dovrà essere in grado di</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-riconoscere se il problema dato sia o meno ben condizionato e quindi adatto alla risoluzione numerica;</li><li>-nel caso in cui il problema fosse ben condizionato, individuare la tecnica numerica più efficiente alla risoluzione del problema dato ;</li><li>-realizzare un programma per l'implementazione della tecnica scelta;</li><li>-testare il programma per accertarsi del corretto funzionamento dello stesso, a tale fine lo studente deve essere in grado di creare un test ossia un facile problema di cui si conosce la soluzione teorica;</li><li>-solo dopo aver testato il corretto funzionamento del programma, utilizzare il programma per risolvere il problema di partenza;</li><li>-riconoscere se la soluzione ottenuta soddisfa le esigenze di partenza per completare lo studio del problema di partenza.</li></ul>