



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2023/2024
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2023/2024
<b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>	INGEGNERIA MECCANICA
<b>INSEGNAMENTO</b>	SIMULAZIONE NUMERICA PER L'INGEGNERIA MECCANICA
<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	B
<b>AMBITO</b>	50370-Ingegneria meccanica
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	06435
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ING-IND/14
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	PANTANO ANTONIO      Professore Ordinario      Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	
<b>CFU</b>	9
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	144
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b>	81
<b>PROPEDEUTICITA'</b>	
<b>MUTUAZIONI</b>	
<b>ANNO DI CORSO</b>	1
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	2° semestre
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>PANTANO ANTONIO</b> Martedì    10:00    12:00    Ufficio Prof. A. Pantano Venerdì    11:00    13:00    Ufficio Prof. A. Pantano

DOCENTE: Prof. ANTONIO PANTANO

<b>PREREQUISITI</b>	Scienza delle costruzioni, Costruzione di macchine.
<b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b>	<p>Conoscenza e capacita' di comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Lo studente, al termine del corso, avra' acquisito conoscenze e metodologie per affrontare e risolvere in maniera originale problematiche d'ingegneria meccanica tramite metodi di simulazione numerica. Lo studente inoltre acquisira' la capacita' di risolvere problematiche d'ottimizzazione tramite simulazione numerica.</li></ul> <p>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione</p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Lo studente avra' acquisito conoscenze e metodologie per analizzare, risolvere e ottimizzare problemi tipici della progettazione con l'ausilio di metodi numerici.</li></ul> <p>Autonomia di giudizio</p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Lo studente avra' acquisito una propria metodologia d'analisi nell'utilizzo del metodo degli elementi finiti per simulare problemi d'interesse ingegneristico.</li></ul> <p>Abilita' comunicative</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lo studente sara' in grado di comunicare con competenza e proprieta' di linguaggio a proposito di problematiche complesse di simulazione numerica per l'ingegneria meccanica.</li></ul> <p>Capacita' d'apprendimento</p> <ul style="list-style-type: none"><li>•Lo studente sara' in grado di affrontare in autonomia piu' di una problematica relativa all'utilizzo di tecniche numeriche per l'ingegneria meccanica. Sara' in grado di approfondire tematiche complesse riguardo all'utilizzo del metodo degli elementi finiti e l'ottimizzazione.</li></ul>
<b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>	<p>La prova orale consiste in un colloquio, volto ad accertare il possesso delle competenze e delle conoscenze disciplinari previste dal corso, la capacita' di contestualizzare e di esporre. La valutazione viene espressa in trentesimi. L'esaminando dovra' rispondere a minimo quattro domande poste oralmente, su tutte le parti oggetto del programma, con riferimento ai testi consigliati. La verifica finale mira a valutare se lo studente abbia conoscenza e comprensione degli argomenti, abbia acquisito competenza interpretativa e autonomia di giudizio di casi concreti.</p> <p>La soglia della sufficienza sara' raggiunta se lo studente dimostra conoscenza e comprensione degli argomenti almeno nelle linee generali e competenze applicative minime in ordine alla risoluzione di casi concreti. Dovra' inoltre possedere capacita' espositive e argomentative tali da consentire la trasmissione delle sue conoscenze all'esaminatore. Al di sotto di tale soglia, l'esame risultera' insufficiente. Quanto piu, invece, l'esaminando con le sue capacita' argomentative ed espositive riesce a interagire con l'esaminatore, e quanto piu' le sue conoscenze e capacita' applicative vanno nel dettaglio della disciplina oggetto di verifica, tanto piu' la valutazione sara' positiva. Il punteggio massimo si ottiene se la verifica accerta il pieno possesso dei tre seguenti aspetti: una capacita' di giudizio in grado di descrivere aspetti emergenti e/o poco esplorati della disciplina; una spiccata capacita' di evidenziare l'impatto dei contenuti oggetto del corso all'interno del settore/disciplina nel quale i contenuti si iscrivono; infine, una padronanza nella capacita' di rappresentare idee e/o soluzioni innovative all'interno del contesto professionale, tecnologico o socioculturale di riferimento. Per quanto attiene alla verifica delle capacita' espositive, si ha una valutazione minima nel caso in cui l'esaminando dimostri una proprieta' di linguaggio adeguata al contesto professionale di riferimento ma questa non sia sufficientemente articolata, mentre la valutazione massima potra' essere conseguita da chi dimostri piena padronanza anche del linguaggio tecnico.</p> <p>In sintesi la valutazione finale sara' graduata secondo la seguente griglia di giudizi.</p> <p><b>Eccellente: 30-30 e lode</b> ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprieta' di linguaggio, buona capacita' analitica, lo studente e' in grado di applicare le conoscenze per affrontare efficacemente i problemi richiesti.</p> <p><b>Molto buono: 26-29</b> Buona padronanza degli argomenti, piena proprieta' di linguaggio, lo studente e' in grado di applicare le conoscenze per affrontare adeguatamente i problemi richiesti</p> <p><b>Buono: 24-25</b> Conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprieta' di linguaggio, con limitata capacita' di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi richiesti.</p> <p><b>Soddisfacente: 21-23</b> Non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprieta' linguaggio, scarsa capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite</p> <p><b>Sufficiente: 18-20</b> Minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima o nulla capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite.</p> <p><b>Insufficiente: 0-17</b></p>

	Esito Negativo, lo studente dimostra di aver non raggiunto i risultati di apprendimento minimi previsti per il corso.
<b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>	Lo studente, al termine del corso, avra' acquisito conoscenze e metodologie pratiche per analizzare, risolvere e ottimizzare problemi tipici della progettazione con l'ausilio di metodi numerici. Lo studente sara' in grado di analizzare i risultati delle simulazioni condotte e di affinare i modelli numerici al fine di ottenere risultati accurati.
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, esercitazioni pratiche.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	F. Cappello, A. Pantano: "Metodo degli Elementi Finiti - Corso in Simulazione Numerica per l'Ingegneria Meccanica " - Rapp. Int. del Dip. di Meccanica, 2021. O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor: "The Finite Element Method Basic Formulation And Linear Problems", McGraw-Hill, London, Fourth Edition, ISBN 13: 9780070841741, ISBN 10: 0070841748. J.N. Reddy: "An Introduction to the Finite Element Method", McGraw Hill, London, Fourth edition, ISBN: 9781259861901.

### PROGRAMMA

ORE	Lezioni
1	Introduzione al corso. Metodi di analisi strutturale. Richiami di teoria della elasticita. Panoramica dei metodi di risoluzione.
1	Metodo degli spostamenti.
4	Metodo degli elementi finiti (FEM). Funzione di spostamento nell'elemento. Matrice di rigidezza dell'elemento e della struttura. Condizioni al contorno. Calcolo degli spostamenti e delle tensioni. Criteri di convergenza. Funzione di spostamento alle coordinate generalizzate.
2	Elementi monodimensionali, membranali, piastra, guscio, solidi tetraedri e parallelepipedi.
4	Elemento isoparametrico. Convergenza dell'elemento isoparametrico. Integrazione numerica. Criteri di discretizzazione. Elementi gerarchici. Problemi di campo stazionario. Analisi non lineari. Problemi dinamici. Metodi di integrazione implicita ed esplicita.
28	Utilizzazione di codici commerciali basati sul FEM per l'analisi di componenti meccanici e strutture delle seguenti tipologie: intelaiate (aste o travi), piane, assialsimmetriche, solide, discretizzabili tramite elementi guscio. Analisi di strutture in composito. Problemi con nonlinearita' geometrica. Problemi di instabilita' meccanica. Problemi con nonlinearita' del materiale. Problemi di contatto. Analisi di problemi termici e termomeccanici. Analisi tramite elementi gerarchici. Analisi modali. Analisi della risposta armonica. Analisi di transitorio dinamico. Analisi diretta di problemi accoppiati tramite elementi speciali aventi tutti i gradi di liberta' necessari (esempio risoluzione diretta di un problema elettro-termo-meccanico). Meshing adattativo. Problemi di propagazione di onde.
3	Ottimizzazione. Tecniche di ottimizzazione: Modello analitico approssimato, Direzioni di ricerca, Algoritmi genetici. Calcolo del minimo non condizionato. Funzioni di penalita'. Ottimizzazione di componenti meccanici e strutture tramite l'utilizzo di codici commerciali basati sul FEM.
2	Metodo delle differenze finite.
3	Introduzione alla realizzazione di programmi FEM.
3	Metodo degli elementi di contorno (BEM): Generalita. Tecnica degli elementi di contorno. Utilizzazione di soluzioni singolari. Problemi interni ed esterni. Metodi diretti ed indiretti. Teorema di reciprocita. Proprieta' delle soluzioni test. Coefficienti di influenza. Calcolo di spostamenti e tensioni nei punti interni. Formule di Somigliana. Criteri di discretizzazione. Struttura di un programma BEM.

ORE	Esercitazioni
27	Utilizzazione di codici commerciali basati sul FEM per l'analisi di componenti meccanici e strutture delle seguenti tipologie: intelaiate (aste o travi), piane, assialsimmetriche, solide, discretizzabili tramite elementi guscio. Analisi di strutture in composito. Problemi con nonlinearita' geometrica. Problemi di instabilita' meccanica. Problemi con nonlinearita' del materiale. Problemi di contatto. Analisi di problemi termici e termomeccanici. Analisi tramite elementi gerarchici. Analisi modali. Analisi della risposta armonica. Analisi di transitorio dinamico. Analisi diretta di problemi accoppiati tramite elementi speciali aventi tutti i gradi di liberta' necessari (esempio risoluzione diretta di un problema elettro-termo-meccanico). Meshing adattativo. Problemi di propagazione di onde.
3	Ottimizzazione di componenti meccanici e strutture tramite l'utilizzo di codici commerciali basati sul FEM.