

Docente responsabile dell'insegnamento/attività formativa

Nome

Cognome

Denominazione insegnamento/attività formativa

Italiano

English

Aree culturali

Informazioni insegnamento/attività formativa

A.A. L LM LM CU

CdS

Codice

Canale

CFU

Lingua

Docente del modulo didattico (compilare solo per attività formative articolate in moduli)

Nome

Cognome

Denominazione modulo didattico (compilare solo per attività formative articolate in moduli)

Italiano

English

Obiettivi formativi e risultati di apprendimento attesi

Aerospace Digital Mobility Sustainability

Il corso si rivolge ad allievi/e che abbiano già conoscenza dei metodi di analisi delle strutture e che intendano avvalersi di strumenti di calcolo avanzato per la risoluzione di problematiche strutturali non risolvibili mediante semplificazioni analitiche ad hoc.

L'attenzione è principalmente rivolta a strutture ad elevata capacità strutturale, quali tipicamente presenti nei veicoli o nelle applicazioni dell'industria aerospaziale.

Gli algoritmi di risoluzione che vengono affrontati riguardano il metodo degli elementi finiti nella formulazione implicita o esplicita. A tal fine particolare enfasi viene posta sui metodi numerici per la trattazione di sistemi discretizzati che comportano la soluzione di sistemi di equazioni lineari e non, nella logica delle applicazioni strutturali statiche o dinamiche.

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE:

Gli allievi/e saranno in grado di valutare i metodi di analisi più opportuni al fine delle problematiche strutturali che vengono affrontate. In particolare avranno gli strumenti per identificare le due fasi fondamentali, ossia l'identificazione del modello fisico più confacente all'analisi da affrontare, statica, dinamica, elasto-plastica, ... e la tecnica di modellizzazione più opportuna. Avranno infatti sviluppato la conoscenza di elementi a formulazione mono, bi e tridimensionale.

CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE:

Uno degli aspetti più interessanti riguarda la capacità di trasformare un modello CAD descrittivo del componente in un modello adatto all'analisi strutturale, valutando come i due modelli possano essere differenti per meglio cogliere gli aspetti strutturali dell'applicazione in essere.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO:

All'interno del corso si prevede la possibilità di effettuare una tesina che affianca un calcolo strutturale agli elementi finiti con un'analisi di riferimento semplificata. Ciò serve a affinare la capacità di interpretazione dei dati forniti dal calcolo e sviluppare una sensibilità al risultato numerico onde esaltare le proprie attitudini previsionali sui risultati.

Il progetto riguarda in genere componenti di veicoli su strada o componenti aeronautici con richieste di sollecitazioni, spostamenti, risposte dinamiche, eventuali instabilità. Il progetto prevede una fase di analisi dell'elaborato cui segue un riscontro orale per valutare il grado di consapevolezza degli autori dell'elaborato stesso.

ABILITÀ COMUNICATIVE:

Nel progetto di gruppo si dimostrerà la capacità di scrivere un documento con efficacia. Inoltre, nella prova orale, si dimostrerà la propria capacità di descrivere il funzionamento e comprenderne gli aspetti analitici di riferimento.

CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:

Si potrà acquisire familiarità con la schematizzazione dei problemi pratici, e saper valutare l'affidabilità dei risultati trovati in termini di affinamento della mesh, qualità del solutore, scelta del metodo numerico più opportuno.

Italiano



Aerospace Digital Mobility Sustainability

The course is aimed at students who already have knowledge of structural analysis methods and who intend to use advanced calculation tools to solve structural problems that cannot be solved using ad hoc analytical simplifications.

The focus is mainly on structures with high structural capacity, such as those typically found in vehicles or in aerospace applications. The solution algorithms that are dealt with are the finite element method in the implicit or explicit formulation. To this end, particular emphasis is placed on numerical methods for the treatment of discretized systems that involve the solution of systems of linear and non-linear equations, in the logic of static or dynamic structural applications.

KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:

Students will be able to evaluate the most appropriate analysis methods for the structural problems they face. In particular, they will have the tools to identify the two fundamental phases, namely: The identification of the most suitable physical model for the analysis to be carried out, static, dynamic, elasto-plastic; The most appropriate modeling technique. They will have developed knowledge of mono-, bi- and three-dimensional formulation elements.

APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:

One of the most interesting aspects concerns the ability to transform a CAD model descriptive of the component into a model suitable for structural analysis, evaluating how the two models can be different in order to better capture the structural aspects of the application in progress.

MAKING JUDGMENTS:

The course includes the possibility of carrying out a thesis that combines a finite element structural calculation with a simplified reference analysis. This is used to refine the ability to interpret the data provided by the calculation and develop a sensitivity to the numerical result in order to enhance one's predictive skills on the results. The project typically involves components of road vehicles or aeronautical components with requests for stresses, displacements, dynamic responses, and possible instabilities. The project includes a review phase of the project, followed by an oral feedback session to assess the authors' awareness of the project itself.

COMMUNICATION SKILLS:

In the group project, you will demonstrate the ability to write a document effectively. Furthermore, in the oral exam, you will demonstrate your ability to describe the operation and understand the analytical aspects of reference.

LEARNING SKILLS:

You will be able to gain familiarity with the schematization of practical problems, and to know how to evaluate the reliability of the results found in terms of mesh refinement, solver quality, and choice of the most appropriate numerical method.

English

Prerequisiti

Italiano

Si deve aver già frequentato, preferibilmente, i corsi di base di analisi matematica, geometria, fisica. Inoltre è opportuno che lo studente abbia già avuto impartite nozioni di scienza delle costruzioni e fondamentali di progettazione meccanica, ivi inclusi gli elementi costruttivi delle macchine.

English

It is preferable to have already attended the basic courses in mathematical analysis, geometry, and physics. It is also recommended that the student has already been taught notions of structural science and fundamentals of mechanical design, including the constructive elements of machines.

Programma

Aerospace Digital Mobility Sustainability

Strumenti numerici di base: Computer Aided Engineering, **richiami di calcolo matriciale, soluzione di sistemi lineari sovradeterminati, sottodeterminati e ben definiti; metodi per la risoluzione di grandi sistemi di equazioni lineari.**

Elementi di base del metodo degli elementi finiti: Tipologia di problemi affrontabili mediante la tecnica degli elementi finiti, legame costitutivo lineare, metodi dei coefficienti di rigidità o di flessibilità.

Elementi finiti a formulazione analitica: Elemento asta, barra di torsione, trave in flessione (Eulero) nel piano, trave completa nel piano e nello spazio, cambio sistemi di riferimento; assemblaggio di elementi finiti e numerazione, trattamento dei vincoli esterni ed interni; **condensazione statica della matrice di rigidità; sottostrutturazione e sottomodellazione.**

Elementi finiti a formulazione approssimata: **Formulazione mediante Principio dei Lavori Virtuali; formulazioni alternative: variazionali o Ritz, residui pesati (Galerkin, collocamento, minimi quadrati);** Elementi lineari; elemento trave Timoshenko e fenomeno del locking; elemento membrana piano a tre e quattro nodi; elemento membrana piano a 8 9 nodi o uso di più gradi di libertà per nodo; elemento piastra di Mindling e fenomeno del locking; elementi assialsimmetrici; elemento solido a quattro nodi.

Italiano

Elementi finiti isoparametrici: Uso di coordinate naturali, integrazione numerica, integrazione selettiva; Patch test, **Problemi dinamici: matrici di massa concentrate e distribuite; risoluzione problema autovalori; metodi di integrazione diretta; risposta armonica.**

Problemi non lineari: Algoritmi risolutivi; Stress stiffening; non linearità geometrica e Buckling; materiali non lineari e calcolo elasto-plastico di strutture.



Aerospace Digital Mobility Sustainability

Basic numerical tools: Computer Aided Engineering, matrices, over, under and well defined linear system resolution; methods adopted for the resolution of huge linear equation systems.

Basics on finite element analysis: type of problems affordable, linear stress-strain relations, methods based on stiffness and flexibility coefficients.

Finite elements allowing an analytical formulation Analytic formulation: truss element, torsional elements, bending beams (Eulero Beam), beams on space, change of the reference system.

Assembling of finite elements and numerical sequence; internal and external constraints; static and dynamic condensation; superelements.

Finite elements having an approximate solution: use of the principle of virtual work; alternative formulations based on variations and Ritz, methods based on weighted residuals (collocation, Galerkin, minimum square).

Linear elements, Timoshenko Beam and locking; membrane element with three or four nodes; membrane with 8 or 9 nodes and use of more d.o.f. per node; plate element, Mindling plate and locking; axisymmetric elements; eight node brick.

Isoparametric finite elements: use of natural coordinates, numerical integration, selective integration; Patch Test; Dynamic problems: mass matrices lumped and distributed; eigenvalue solution; direct integration methods; harmonic response.

Non-linear problems: strategic algorithms, Stress stiffening, geometric non linearities and Buckling analyses, non-linear materials and plasticity, contact.

English

Modalità di valutazione

- Prova scritta
- Prova orale
- Valutazione in itinere
- Valutazione di progetto
- Valutazione di tirocinio
- Prova pratica
- Prova di laboratorio

Descrizione delle modalità e dei criteri di verifica dell'apprendimento

Italiano

La valutazione prevede una prova scritta ed una orale.
La prova scritta riguarda la risoluzione di un problema agli elementi finiti risolvibile analiticamente (al massimo riguardante un problema traducibile a tre gradi di libertà) nel quale la difficoltà è incentrata sulla scelta dell'elemento finito più opportuno, valutazione di simmetrie di geometria, vincoli e carichi. Inoltre si risponde a una serie di quesiti specifici che riguardano piccole verifiche, dimostrazioni o definizioni svolte in aula. Per partecipare alla fase orale occorre aver superato almeno la votazione di 17/30.
Segue un esame orale nel quale si sottopone agli allievi/e a delle domande sui contenuti del corso e piccole verifiche o riscontri dei risultati proposti. L'eventuale progetto viene altresì discusso, se presentato, dallo studente in singolo od in gruppo. Il progetto comporta un incremento del voto conseguito all'esame fino a 3 punti e l'eventuale lode orale.



English

The evaluation includes a written and an oral exam.
The written exam consists in the resolution of an analytically solvable finite element problem (with a maximum of three degrees of freedom). The difficulty focuses on choosing the most appropriate finite element, in the valuation of geometrical symmetries, constraints, and loads. Furthermore, it is requested to Answer a series of specific questions on small checks, demonstrations, or definitions covered in class. Minimum passing grade to access the oral exam: 17/30.
An oral exam follows in which the students are asked questions on the contents of the course and small checks or feedback on the proposed results. The project, if submitted, is also discussed by the student individually or in a group. The project entails an increase in the exam grade of up to 3 points and the eventual praise.

Testi adottati

Italiano

Appunti e slides proiettate durante il corso e rese disponibili agli studenti.
G. Belingardi - "Il metodo degli elementi finiti nella progettazione meccanica" - Ed. Levrotto & Bella, Torino.
K.J. Bathe, E.L. Wilson - "Numerical methods in finite element analysis" - Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.

English

Notes and slides projected during the course and made available to students.
G. Belingardi - "Il metodo degli elementi finiti nella progettazione meccanica" - Ed. Levrotto & Bella, Torino.
K.J. Bathe, E.L. Wilson - "Numerical methods in finite element analysis" - Prentice Hall, New Jersey, U.S.A.

Bibliografia di riferimento

Italiano/
English

Calcolo Strutturale con gli Elementi Finiti, Autore: Paolo Rugarli, Editore: EPC Editore, Anno: 2023 (II edizione), ISBN: 978-88-9288-250-8.

The Finite Element Method in Structural Mechanics, Autore: Thomas J. R. Hughes,
Editore: Dover Publications, Anno: 2000, ISBN: 978-0-486-41181-1.

Concepts and Applications of Finite Element Analysis by Robert D. Cook,
David S. Malkus, Michael E. Plesha

The Finite Element Method for Fluid Dynamics by O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, J. Z. Zhu

Finite Element Analysis of Structures by Robert D. Cook, David S. Malkus,
Michael E. Plesha

Belytschko, T. (2013). Computational Methods for Structural Analysis (5th ed.).
Springer Science & Business Media.

Modalità di svolgimento

- Modalità in presenza
- Modalità a distanza

Descrizione della modalità di svolgimento e metodi didattici adottati

Italiano

Il metodo di insegnamento del corso segue un modello didattico tradizionale basato su lezioni frontali ed esercitazioni.
Il corso viene mediante slide powerpoint, video e alla lavagna, in modo da consentire allo studente una familiarizzazione sia con le basi teoriche che con le applicazioni analitiche e numeriche.
Sono inoltre tenute esercitazioni in classe con l'obiettivo di applicare a casi di interesse pratico le conoscenze sviluppate durante le lezioni teoriche. Si farà particolare riferimento alle implicazioni progettuali delle conoscenze sviluppate, con continui riferimenti a dimensioni, taglie, e velocità caratteristiche delle strutture.
Il materiale viene reso disponibile on-line prima delle lezioni.



English

The teaching method of this course foresees a traditional model based on lectures and exercises.
Classes are carried out using powerpoint slides, videos and on the blackboard. This allows the student to get more familiar with the fundamental basys and the numerical and analytical applications.
Exercises are also held in class to apply the knowledge developed during the theoretical lessons to cases of practical interest. Particular focus will be given to the design implications of the knowledge developed, with continuous reference to characteristic dimensions, power size, and speed of structures.
The material is published online before classes.

Modalità di frequenza

- Frequenza facoltativa
- Frequenza obbligatoria

Descrizione della modalità di frequenza

Italiano

La frequenza non è obbligatoria: il materiale è a disposizione anche di studenti non frequentanti per la preparazione all'orale.

English

Attendance is not mandatory. The material is available for non-attending students to get prepared for the oral tests.